

สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| กิตติกรรมประกาศ | ก |
| บทคัดย่อภาษาไทย | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | ฉ |
| สารบัญตาราง | ฉ |
| สารบัญภาพ | ฐ |
| อักษรย่อและสัญลักษณ์ | ถ |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาที่นำไปสู่งานวิจัย | 1 |
| 1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง | 2 |
| 1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย | 7 |
| 1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย | 7 |
| 1.5 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย | 7 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน | |
| 2.1 รังสีแปรความเข้ม | 8 |
| 2.1.1 การวางแผนรังสีรักษาย้อนกลับ (Inverse treatment planning) | 8 |
| 2.1.2 การฉายรังสีแปรความเข้ม | 13 |
| 2.2 รังสีรักษาสำหรับผู้ป่วยโรคมะเร็งปากมดลูก | 16 |
| 2.2.1 เทคนิครังสีรักษาแบบระยะไกล (External beam therapy) | 16 |
| 2.2.2 เทคนิครังสีรักษาแบบระยะใกล้ (Brachytherapy) | 21 |
| 2.3 เทคนิคฉายรังสีแปรความเข้มสำหรับผู้ป่วยโรคมะเร็งปากมดลูก | 24 |
| 2.3.1 กำหนดโครงสร้างปริมาตรเป้าหมาย | 24 |
| 2.3.2 การกำหนดโครงสร้างอวัยวะข้างเคียง | 24 |
| 2.3.3 โครงร่างของร่างกาย | 25 |
| 2.3.4 การกำหนดปริมาณรังสี | 25 |

| | |
|--|----|
| 2.4 การประเมินแผนรังสีรักษา | 27 |
| 2.4.1 Conformity index | 27 |
| 2.4.2 Dose volume histogram; DVH | 28 |
| 2.4.3 ความหมายของพารามิเตอร์ปริมาณรังสี-ปริมาตร | 31 |
| 2.5 การทวนสอบปริมาณรังสีสัมพัทธ์แบบการกระจายรังสี | 32 |
| 2.6 การนำเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้มใช้กับผู้ป่วยโรคมะเร็งปากมดลูก | 35 |
| บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย | 36 |
| 3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ | 36 |
| 3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย | 45 |
| 3.2.1 การส่งข้อมูล ภาพรังสีตัดขวางไปยังเครื่องวางแผนรังสีรักษา | 45 |
| 3.2.2 การนำข้อมูลภาพรังสีตัดขวางเข้าเครื่องวางแผนรังสีรักษา | 45 |
| 3.2.3 การกำหนดขนาด ขอบเขต ตำแหน่งของก้อนมะเร็งและอวัยวะสำคัญข้างเคียง | 45 |
| 3.2.4 การส่งและนำเข้าข้อมูลภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ผู้ป่วยพร้อมขนาด ขอบเขต ตำแหน่งของก้อนมะเร็งและอวัยวะสำคัญข้างเคียง เข้าเครื่องวางแผนรังสีรักษา เทคนิคฉายรังสีแปรความเข้ม | 47 |
| 3.2.5 การวางแผนรังสีรักษา | 47 |
| 3.2.5.1 การวางแผนรังสีรักษาเทคนิคฉายรังสีแบบดั้งเดิม | 47 |
| 3.2.5.2 การวางแผนรังสีรักษาเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้ม | 56 |
| 3.2.6 ศึกษาอิทธิพลของจำนวนทิศทางของลำรังสีที่มีต่อการกระจายปริมาณรังสี ของเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้ม | 63 |
| 3.2.7 วิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณรังสีระหว่างแผนรังสีรักษาเทคนิคฉายรังสี แบบดั้งเดิมและเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้มด้วยวิธีทางสถิติ paired-t-test | 63 |
| 3.2.8 ทวนสอบความถูกต้องของแผนรังสีรักษาเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้ม | 64 |
| 3.2.8.1 ทวนสอบปริมาณรังสีสมบูรณ์แบบจุดของแผนรังสีรักษาผู้ป่วย โดยการวัด | 65 |
| 3.2.8.2 ทวนสอบปริมาณรังสีสัมพัทธ์แบบการกระจายรังสีของแผนรังสีรักษา ผู้ป่วยโดยฟิล์ม | 65 |

| | |
|---|-----|
| บทที่ 4 ผลการวิจัย | 67 |
| 4.1 รายละเอียดและคุณลักษณะข้อมูลผู้ป่วยโรคมะเร็งปากมดลูก | 67 |
| 4.2 การเปรียบเทียบปริมาณรังสีสมบูรณ์ที่อวัยวะเป้าหมายและอวัยวะสำคัญข้างเคียง | 69 |
| 4.2.1 ศึกษาจำนวนทิศทางของลำรังสีที่มีต่อการวางแผนรังสีรักษา ของเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้มในผู้ป่วยโรคมะเร็งปากมดลูกระยะที่สองและสาม | 69 |
| 4.2.2 วิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณรังสีสมบูรณ์ที่อวัยวะเป้าหมายและอวัยวะสำคัญข้างเคียงระหว่างรักษาเทคนิคฉายรังสีแบบดั้งเดิมและเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้ม | 74 |
| 4.3 ทวนสอบความถูกต้องของแผนรังสีรักษาเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้ม | 97 |
| 4.3.1 ทวนสอบปริมาณรังสีสมบูรณ์แบบจุดของแผนรังสีรักษาผู้ป่วยโดยการวัด | 97 |
| 4.3.2 ทวนสอบปริมาณรังสีสัมพัทธ์แบบการกระจายรังสีของแผนรังสีรักษาผู้ป่วยโดยฟิล์ม | 99 |
| บทที่ 5 สรุป วิจาร์ณ และข้อเสนอแนะ | 103 |
| 5.1 การเปรียบเทียบปริมาณรังสีสมบูรณ์ที่อวัยวะเป้าหมายและอวัยวะสำคัญข้างเคียง | 103 |
| 5.2 ทวนสอบความถูกต้องของแผนรังสีรักษาเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้ม | 108 |
| เอกสารอ้างอิง | 110 |
| ภาคผนวก | 116 |
| ภาคผนวก ก การเปรียบเทียบปริมาณรังสีสมบูรณ์ที่อวัยวะเป้าหมายและอวัยวะสำคัญข้างเคียง จากการศึกษาจำนวนทิศทางของลำรังสี | 117 |
| ภาคผนวก ข การเปรียบเทียบปริมาณรังสีสมบูรณ์ระหว่างเทคนิคฉายรังสีแบบดั้งเดิมและเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้ม | 123 |
| ภาคผนวก ค ข้อมูลการทวนสอบปริมาณรังสีสมบูรณ์แบบจุด | 149 |
| ภาคผนวก ง ข้อมูลการทวนสอบปริมาณรังสีสัมพัทธ์แบบการกระจายรังสี | 152 |
| ภาคผนวก จ ผลงานวิชาการ | 154 |
| ประวัติผู้เขียน | 156 |

สารบัญตาราง

| ตาราง | หน้า |
|--|------|
| 2.1 แสดงปริมาณรังสีรวมของก้อนมะเร็งและอวัยวะเป้าหมาย | 19 |
| 2.2 แสดงปริมาณรังสีรวมของก้อนมะเร็ง, อวัยวะเป้าหมายและปริมาณรังสีจำกัดของอวัยวะสำคัญข้างเคียง | 27 |
| 2.3 แสดงปริมาณรังสีมากขึ้นไป น้อยเกินไปบริเวณอวัยวะเป้าหมาย PTV | 27 |
| 3.1 แสดงรายละเอียดของก้อนมะเร็ง อวัยวะเป้าหมายและอวัยวะสำคัญข้างเคียง | 46 |
| 3.2 แสดงปริมาณรังสีรวมของก้อนมะเร็งและอวัยวะเป้าหมาย | 48 |
| 3.3 แสดงปริมาณรังสีสมบูรณ์บริเวณอวัยวะสำคัญข้างเคียง | 54 |
| 3.4 แสดงปริมาณรังสีรวมของก้อนมะเร็ง, อวัยวะเป้าหมายและปริมาณรังสีจำกัดของอวัยวะสำคัญข้างเคียง | 59 |
| 3.5 แสดงปริมาณรังสีมากหรือน้อยเกินไปบริเวณอวัยวะเป้าหมาย PTV | 61 |
| 4.1 แสดงรายละเอียดและคุณลักษณะข้อมูลผู้ป่วยโรคมะเร็งปากมดลูก | 68 |
| 4.2 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนทิศทางของลำรังสีที่มีต่อการกระจายปริมาณรังสี | 71 |
| 4.3 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณรังสีสมบูรณ์ที่อวัยวะเป้าหมาย, PTV จากแผนรังสีรักษาเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี opposing field และ box technique | 75 |
| 4.4 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณรังสีสมบูรณ์ที่อวัยวะเป้าหมาย, CTV จากแผนรังสีรักษาเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี opposing field และ box technique | 78 |
| 4.5 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณรังสีสมบูรณ์ที่มดลูกผู้ป่วย จากแผนรังสีรักษาเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี opposing field และ box technique | 80 |
| 4.6 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณรังสีสมบูรณ์ที่ต่อมน้ำเหลืองอุ้งเชิงกราน จากแผนรังสีรักษาเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี opposing field และ box technique | 83 |
| 4.7 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณรังสีสมบูรณ์ที่กระเพาะปัสสาวะ จากแผนรังสีรักษาเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี opposing field และ box technique | 85 |
| 4.8 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณรังสีสมบูรณ์ที่ลำไส้ตรงส่วนปลาย จากแผนรังสีรักษาเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี opposing field และ box technique | 87 |

| | |
|---|-----|
| 4.9 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณรังสีสมบูรณ์ที่ลำไส้เล็ก จากแผนรังสีรักษาเทคนิค ฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี opposing field และ box technique | 89 |
| 4.10 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณรังสีสมบูรณ์ที่กระดูกต้นขา จากแผนรังสีรักษาเทคนิค ฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี opposing field และ box technique | 91 |
| 4.11 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณรังสีสมบูรณ์ที่ไขกระดูกแดง จากแผนรังสีรักษาเทคนิค ฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี opposing field และ box technique | 93 |
| 4.12 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณรังสีสมบูรณ์ที่โครงร่างกายอุ้งเชิงกราน จากแผนรังสีรักษา เทคนิคฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี opposing field และ box technique | 95 |
| 4.13 ผลการทวนสอบปริมาณรังสีสมบูรณ์แบบจุดของแผนรังสีรักษาผู้ป่วย โดยการวัด จากแผนรังสีรักษาเทคนิคเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี | 98 |
| 4.14 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาตรดัชนีแกมมา จากแผนรังสีรักษาเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้ม | 102 |
| 5.1 เปรียบเทียบปริมาณรังสีสมบูรณ์ที่อวัยวะเป้าหมาย จากแผนรังสีรักษาเทคนิค ฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี opposing field และ box technique | 104 |
| 5.1 (ต่อ) เปรียบเทียบปริมาณรังสีสมบูรณ์ที่อวัยวะเป้าหมาย จากแผนรังสีรักษา เทคนิคฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี opposing field และ box technique | 105 |
| 5.2 สรุปการเปรียบเทียบปริมาณรังสีสมบูรณ์ที่อวัยวะสำคัญข้างเคียง จากแผนรังสีรักษา เทคนิคฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี opposing field และ box technique | 106 |
| 5.3 สรุปการเปรียบเทียบปริมาณรังสีที่อวัยวะสำคัญ; ไขกระดูกแดง จากแผนรังสีรักษา เทคนิคฉายรังสีแปรความเข้ม opposing field และ Four fields technique | 107 |
| 5.4 สรุปแผนรังสีรักษาเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้มในการลดปริมาณรังสีของ อวัยวะสำคัญข้างเคียงลง เมื่อเทียบกับ opposing field และ Four fields technique | 107 |

สารบัญภาพ

| รูป | หน้า |
|---|------|
| 2.1 แสดงการกระจายรังสีและการแปรความเข้มลำรังสีชนิด conventional และ IMRT | 9 |
| 2.2 แสดงลำรังสีย่อยจำนวนมากในแต่ละลำรังสี ของเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้ม | 10 |
| 2.3 แสดงการกระจายรังสีของเทคนิคฉายรังสีแบบดั้งเดิมและการฉายรังสีแปรความเข้ม | 10 |
| 2.4 มัลติลีฟคอลลิเมเตอร์ของเครื่องเร่งอนุภาคบริษัท Siemens รุ่น Primus | 13 |
| 2.5 แสดงระบบการวางแผนการรักษาของ IMRT ชนิด forward & inverse treatment planning | 15 |
| 2.6 แสดงการตรวจสอบความถูกต้องในการจัดทำผู้ป่วยจาก orthogonal films, EPID | 15 |
| 2.7 แสดงการฉายรังสีด้วยเทคนิค IMRT | 15 |
| 2.8 แสดงทิศทางลำรังสีบริเวณอุ้งเชิงกราน เทคนิค Two opposing field | 17 |
| 2.9 แสดงทิศทางลำรังสีบริเวณอุ้งเชิงกราน เทคนิค Four field box technique | 17 |
| 2.10 แสดงทิศทางลำรังสีบริเวณอุ้งเชิงกราน เทคนิค Two opposing field | 19 |
| 2.11 แสดงขอบเขตลำรังสีเข้าจากด้านหน้า-หลังและจากด้านหลัง-หน้า | 19 |
| 2.12 แสดงทิศทางลำรังสีบริเวณอุ้งเชิงกราน Four field box technique | 20 |
| 2.13 แสดงขอบเขตลำรังสีเข้าจากด้านข้าง | 20 |
| 2.14 เครื่องมือสอดใส่สารกัมมันตรังสีอวัยวะสืบพันธุ์สตรี | 22 |
| 2.15 มาตรฐานเทคนิคการใส่เครื่องมือสอดใส่ | 23 |
| 2.16 การกำหนดตำแหน่งจุดอ้างอิงในระบบแมนเชสเตอร์ | 23 |
| 2.17 แสดงการกำหนดขอบเขตของก้อนมะเร็ง | 24 |
| 2.18 แสดงการกำหนดปริมาณรังสีอวัยวะเป้าหมายและอวัยวะสำคัญข้างเคียง | 26 |
| 2.19 Cumulative DVH | 30 |
| 2.20 Differential DVH | 30 |
| 2.21 Natural DVH | 30 |
| 2.22 แสดงการประเมินการกระจายปริมาณรังสีในสองมิติที่ได้จากการคำนวณเทียบกับการวัด | 33 |
| 2.23 แสดงการประเมินการกระจายปริมาณรังสีโดยใช้พื้นผิวของทรงรี | 34 |
| 3.1 เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษา | 36 |
| 3.2 โปรแกรมวางแผนรังสีรักษาสามมิติของบริษัท Philips รุ่น Pinnacle ³ version 7.6c | 37 |

| | |
|---|----|
| 3.3 โปรแกรมวางแผนรังสีรักษาสามมิติแบบแปรความเข้ม Siemens รุ่น KonRad version V2.2.130 | 37 |
| 3.4 เครื่องเร่งอนุภาคพลังงาน 6 ล้านโวลต์ | 38 |
| 3.5 ลักษณะระบบจำกัดลำรังสี และการออกแบบมัลติลีฟคอลลิเมเตอร์ของเครื่องเร่งอนุภาค Siemens รุ่น Primus 6 MV | 39 |
| 3.6 หัววัดรังสีชนิดไอออนไนเซชันแบบ CC01 | 40 |
| 3.7 เครื่องวัดประจุไฟฟ้า Dose1 | 40 |
| 3.8 วัสดุสมมูลเนื้อเยื่อ Easy Cube | 41 |
| 3.9 ฟิล์มวัดรังสีชนิดอีดีอาร์ 2 (KODAK รุ่น EDR 2) | 41 |
| 3.10 แสดงช่วงการตอบสนองของฟิล์มวัดรังสีชนิดอีดีอาร์ 2 | 42 |
| 3.11 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ OmniPro-ImRT | 42 |
| 3.12 แสดงเปรียบเทียบการกระจายปริมาณรังสีจากแผนรังสีรักษากับการวัดด้วยฟิล์ม | 43 |
| 3.13 เครื่องสแกนฟิล์มรุ่น Vidar scan | 43 |
| 3.14 เครื่องอ่านค่าความดำฟิล์ม Deluxe Clamshell Densitometer model 70-443 | 44 |
| 3.15 เครื่องล้างฟิล์มอัตโนมัติ | 44 |
| 3.16 แสดงโปรแกรมวางแผนรังสีรักษาสามมิติ Philips รุ่น Pinnacle ³ version 7.6c | 45 |
| 3.17 แสดงการกำหนดขอบเขต ตำแหน่งของก้อนมะเร็งและอวัยวะสำคัญข้างเคียง | 46 |
| 3.18 แสดงโปรแกรมวางแผนรังสีรักษาเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้ม Siemens รุ่น KonRad | 47 |
| 3.19 แสดงการกำหนดจุดอ้างอิง (ก) และแสดงการกำหนดขอบเขตของพื้นเตียง (ข) กำหนดจุดคำนวณปริมาณรังสี (ค) | 49 |
| 3.20 แสดงทิศทางลำรังสีบริเวณอุ้งเชิงกราน เทคนิค Two opposing field | 50 |
| 3.21 แสดงขอบเขตลำรังสีเข้าจากด้านหน้า-หลังและจากด้านหลัง-หน้า | 51 |
| 3.22 แสดงทิศทางลำรังสีบริเวณอุ้งเชิงกราน Four field box technique | 52 |
| 3.23 แสดงขอบเขตลำรังสีเข้าจากด้านข้าง | 52 |
| 3.24 แสดงการกำหนดขอบเขตของการคำนวณปริมาณรังสี | 53 |
| 3.25 แสดงการกำหนดปริมาณรังสีที่จุดหมุนลำรังสี | 53 |
| 3.26 แสดงการให้น้ำหนักของแต่ละลำรังสีเท่าๆกัน ด้วยเทคนิค Two opposing field รูป (ก) และ four field box technique รูป (ข) | 54 |
| 3.27 แสดงการคำนวณปริมาณรังสี | 55 |
| 3.28 แสดงการประเมินแผนรังสีรักษาด้วยเส้นปริมาณรังสี และแสดงแผนภูมิรังสีปริมาตร | 55 |

| | |
|--|----|
| 3.29 แสดงการการนำเข้าข้อมูลภาพซีทีของผู้ป่วย | 56 |
| 3.30 แสดงการกำหนดขอบเขตตำแหน่งรูปร่าง | 57 |
| 3.31 แสดงการส่งต่อข้อมูลขอบเขตตำแหน่ง รูป (ก) การกำหนดแผนรังสีรักษา รูป (ข) | 57 |
| 3.31 แสดงการกำหนดพิกัดจุดหมุนของลำรังสี รูป (ค), (ง) และ จำนวนทิศทางลำรังสี รูป (จ) | 58 |
| 3.32 แสดงการกำหนดชนิดของกลุ่มอวัยวะ ปริมาตรรังสีสูงสุดและปริมาตรรังสีต่ำที่สุด | 60 |
| 3.33 แสดงการกำหนดชนิดของกลุ่มอวัยวะ, objective และ constraint | 60 |
| 3.34 แสดงการคำนวณปริมาตรรังสี | 61 |
| 3.35 แสดงเส้นปริมาตรรังสีบนพื้นที่ฉายรังสี | 62 |
| 3.36 แสดงแผนภูมิรังสีปริมาตร | 62 |
| 3.37 แสดงการแสดงผลข้อมูลการคำนวณปริมาตรรังสี | 62 |
| 3.38 แสดงการทวนสอบปริมาตรรังสีสมบูรณ์แบบจุด | 65 |
| 3.39 แสดงการวางแผนรังสีรักษาผู้ป่วยโรคมะเร็งปากมดลูกด้วยเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้ม 7 ทิศทางลำรังสี แบบ step and shoot | 66 |
| 3.40 แสดงแผนรังสีรักษาผู้ป่วยที่คัดลอกลงบนวัสดุสมมูลเนื้อเยื่อ Easy cube | 66 |
| 4.1 แสดงการกระจายปริมาตรรังสีที่ได้จากการวางแผนรังสีรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสี แปรความเข้มโดยใช้ลำรังสีจำนวน 5 ทิศทาง (ก), 7 ทิศทาง (ข) และ 9 ทิศทาง (ค) | 70 |
| 4.2 แสดงค่าดัชนีความกลมกลืนเข้าสู่รูปกับอวัยวะ (CI) ของ PTV จากแผนรังสีรักษาด้วย เทคนิคการฉายรังสี แปรความเข้มโดยใช้ลำรังสีจำนวน 5 ทิศทาง, 7 ทิศทางและ 9 ทิศทาง | 71 |
| 4.3 แสดงปริมาณรังสีที่อวัยวะสำคัญข้างเคียงที่บริเวณลำไส้เล็กและส่วนหัวของกระดูกต้นขาจาก แผนรังสีรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้ม โดยใช้ลำรังสีจำนวน 5 ทิศทาง, 7 ทิศทาง และ 9 ทิศทาง | 72 |
| 4.4 แสดงปริมาณรังสีที่ปริมาตรของร่างกายที่ได้รับปริมาณรังสี 20 เฟอร์เซ็นต์ของปริมาณรังสี ที่กำหนดและจำนวน segment จากแผนรังสีรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้ม โดยใช้ลำรังสีจำนวน 5 ทิศทาง, 7 ทิศทางและ 9 ทิศทาง | 72 |
| 4.5 แสดงจำนวนมอนิเตอร์ยูนิต (MU) จากแผนรังสีรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้ม โดยใช้ลำรังสีจำนวน 5 ทิศทาง, 7 ทิศทางและ 9 ทิศทาง | 73 |
| 4.6 แสดงปริมาณรังสีที่ปริมาตร 95 เฟอร์เซ็นต์ของปริมาตร PTV อวัยวะสำคัญข้างเคียงที่บริเวณ กระเพาะปัสสาวะและลำไส้ตรงส่วนปลาย จากแผนรังสีรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสี แปรความเข้ม โดยใช้ลำรังสีจำนวน 5 ทิศทาง, 7 ทิศทางและ 9 ทิศทาง | 73 |

| | |
|---|----|
| 4.7 แสดงค่าดัชนีความกลมกลืนเข้ากับอวัยวะ (Conformity index: CI) จากแผนรังสีรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี, opposing field และ box technique | 75 |
| 4.8 แสดงปริมาณรังสีที่ปริมาตร 95 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตร PTV จากแผนรังสีรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี, opposing field และ box technique | 76 |
| 4.9 แสดงปริมาตรของ PTV ที่ได้รับปริมาณรังสี 100 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณรังสีที่กำหนดจากแผนรังสีรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี, opposing field และ box technique | 76 |
| 4.10 แสดงปริมาณรังสีสมบูรณ์ สูงสุด ต่ำสุด และเฉลี่ยใน PTV จากแผนรังสีรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี, opposing field และ box technique | 77 |
| 4.11 แสดงปริมาณรังสีที่ปริมาตร 95 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตร CTV จากแผนรังสีรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี, opposing field และ box technique | 78 |
| 4.12 แสดงปริมาตรของ CTV ที่ได้รับปริมาณรังสี 100 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณรังสีที่กำหนดจากแผนรังสีรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี, opposing field และ box technique | 79 |
| 4.13 แสดงปริมาณรังสีสมบูรณ์ สูงสุด ต่ำสุด และเฉลี่ยใน CTV จากแผนรังสีรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี, opposing field และ box technique | 79 |
| 4.14 แสดงปริมาณรังสีที่ปริมาตร 95 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรมดลูกผู้ป่วย จากแผนรังสีรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี, opposing field และ box technique | 81 |
| 4.15 แสดงปริมาตรของมดลูกผู้ป่วยที่ได้รับปริมาณรังสี 100 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณรังสีที่กำหนดจากแผนรังสีรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี, opposing field และ box technique | 81 |
| 4.16 แสดงปริมาณรังสีสมบูรณ์ สูงสุด ต่ำสุด และเฉลี่ยในมดลูกผู้ป่วย จากแผนรังสีรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี, opposing field และ box technique | 82 |
| 4.17 แสดงปริมาณรังสีที่ปริมาตร 95 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรต่อมน้ำเหลืองอุ้งเชิงกราน จากแผนรังสีรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี, opposing field และ box technique | 83 |
| 4.18 แสดงปริมาตรของต่อมน้ำเหลืองอุ้งเชิงกราน ที่ได้รับปริมาณรังสี 100 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณรังสีที่กำหนด จากแผนรังสีรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี, opposing field และ box technique | 84 |

- 4.19 แสดงปริมาณรังสีสมบูรณ์ สูงสุด ต่ำสุด และเฉลี่ย ในต่อมน้ำเหลืองอุ้งเชิงกราน จากแผนรังสีรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี, opposing field และ box technique 84
- 4.20 แสดงปริมาณรังสีสมบูรณ์สูงสุด ต่ำสุด และเฉลี่ย ของกระเพาะปัสสาวะ จากแผนรังสีรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี, opposing field และ box technique 86
- 4.21 แสดงปริมาตรของกระเพาะปัสสาวะที่ได้รับปริมาณรังสี 100 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณรังสีที่กำหนด จากแผนรังสีรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี, opposing field และ box technique 86
- 4.22 แสดงปริมาณรังสีสมบูรณ์สูงสุด ต่ำสุด และเฉลี่ย ของลำไส้ตรงส่วนปลาย จากแผนรังสีรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี, opposing field และ box technique 88
- 4.23 แสดงปริมาตรของลำไส้ตรงส่วนปลาย ที่ได้รับปริมาณรังสี 100 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณรังสีที่กำหนด จากแผนรังสีรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี, opposing field และ box technique 88
- 4.24 แสดงปริมาณรังสีสมบูรณ์สูงสุด ต่ำสุด และเฉลี่ย ของลำไส้เล็ก จากแผนรังสีรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี, opposing field และ box technique 90
- 4.25 แสดงปริมาตรของลำไส้เล็ก ที่ได้รับปริมาณรังสี 100 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณรังสีที่กำหนด จากแผนรังสีรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี, opposing field และ box technique 90
- 4.26 แสดงปริมาณรังสีสมบูรณ์สูงสุด ต่ำสุด และเฉลี่ย ของส่วนหัวของกระดูกต้นขา จากแผนรังสีรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี, opposing field และ box technique 92
- 4.27 แสดงปริมาตรของส่วนหัวของกระดูกต้นขา ที่ได้รับปริมาณรังสี 100 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณรังสีที่กำหนด จากแผนรังสีรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี, opposing field และ box technique 92
- 4.28 แสดงปริมาณรังสีสมบูรณ์สูงสุด ต่ำสุด และเฉลี่ย ของส่วนหัวของไขกระดูกแดง จากแผนรังสีรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี, opposing field และ box technique 94

| | |
|---|-----|
| 4.29 แสดงปริมาตรของส่วนหัวของไขกระดูกแดง ที่ได้รับปริมาณรังสี 100 เอร်เซนต์ของปริมาณรังสีที่กำหนด จากแผนรังสีรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี, opposing field และ box technique | 94 |
| 4.30 แสดงปริมาณรังสีสมบูรณ์สูงสุด ต่ำสุด และเฉลี่ย ของส่วนหัวของโครงร่างกายช่วงอุ้งเชิงกราน จากแผนรังสีรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี, opposing field และ box technique | 96 |
| 4.31 แสดงปริมาตรของส่วนหัวของโครงร่างกายช่วงอุ้งเชิงกราน ที่ได้รับปริมาณรังสี 100 เอร်เซนต์ของปริมาณรังสีที่กำหนด จากแผนรังสีรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้มแบบ 7 ทิศทางลำรังสี, opposing field และ box technique | 96 |
| 4.32 แสดงค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนในการคำนวณปริมาณรังสีที่ได้จากคอมพิวเตอร์วางแผนรังสีรักษา | 97 |
| 4.33 फिल्मที่ได้จากการฉายรังสีด้วยวิธี step wedge | 99 |
| 4.34 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดำของฟิล์ม และปริมาณรังสี | 99 |
| 4.35 แสดงการเปรียบเทียบการกระจายปริมาณรังสีที่ได้จากการวัดกับการกระจายปริมาณรังสีที่คำนวณจากโปรแกรมวางแผนรังสีรักษาและคำนวณค่าดัชนีแกมมา | 100 |
| 4.36 แสดงการเปรียบเทียบการกระจายปริมาณรังสีที่ได้จากการวัดกับการกระจายปริมาณรังสีที่คำนวณจากโปรแกรมวางแผนรังสีรักษาและคำนวณค่าดัชนีแกมมา | 101 |
| 4.37 แสดงค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนในการคำนวณปริมาณรังสีที่ได้จากคอมพิวเตอร์วางแผนรังสีรักษา | 101 |
| จ-1 บทคัดย่อผลงานวิชาการในงาน วันมหิดล คณะแพทยศาสตร์ ม.เชียงใหม่ ประจำปี 2551 | 155 |

อักษรย่อและสัญลักษณ์

| | |
|-------------------------|--|
| AAPM | American Association of Physicists in Medicine เป็นสมาคมฟิสิกส์ทางการแพทย์ของอเมริกา |
| ICRU | The International Commission on Radiation Units and Measurements เป็นสมาคมในการกำหนดหน่วยการวัดปริมาณรังสีสากล |
| IMRT | Intensity Modulated Radiation Therapy (การฉายรังสีแปรความเข้ม) |
| CT | computed tomography เป็นเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สำหรับถ่ายภาพทางรังสีเพื่อใช้ในการวางแผนรังสีรักษาสามมิติ |
| CTV | clinical target volume คือปริมาตรของก้อนมะเร็งและบริเวณที่คาดว่าจะมีการลุกลามของมะเร็ง |
| d_m | depth of maximum dose คือระดับความลึกที่มีปริมาณรังสีสูงสุด |
| GTV | gross tumor volume คือปริมาตรของก้อนมะเร็งปฐมภูมิ |
| Gy | gray เป็นหน่วยของปริมาณรังสีที่ถูกสมบูรณ์ |
| LANTIS | Local Area Network Treatment Information Systems เป็นโปรแกรมสำหรับคอมพิวเตอร์เชื่อมโยงข้อมูลรังสีรักษา ภายในหน่วยงาน |
| MLC | multileaf collimator คือตัวกำกับลำรังสีที่เล็ก ๆ หลายชิ้นประกอบกัน |
| MU | monitor unit คือหน่วยนับวัดปริมาณรังสี |
| MV | Million voltage เป็นพลังงานรังสีระดับล้านโวลต์ |
| SAD | source-axis distance เป็นระยะจากแหล่งกำเนิดรังสีถึงจุดศูนย์กลางร่วมลำรังสี (isocenter) |
| SSD | source-surface distance เป็นระยะจากแหล่งกำเนิดรังสีถึงผิวของวัสดุสมมูลเนื้อเยื่อ |
| NTCP | Normal Tissue Complication Probability เป็นโอกาสในการเกิดภาวะแทรกซ้อนต่ออวัยวะปกติจากการรักษาด้วยรังสีรักษา |
| TCP | Tumor Control Probability เป็นโอกาสในการควบคุมอัตราการเจริญเติบโตของโรคมะเร็ง |