

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาที่นำไปสู่งานวิจัย	1
1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	3
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	4
1.5 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย	5
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน	6
2.1 การฉายรังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุน	6
2.2 การสร้างภาพ MVCT ของเครื่องฉายรังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุน	8
2.3 โปรแกรมวางแผนรังสีรักษาของเครื่องฉายรังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุน	9
2.4 หลักการคำนวณปริมาณรังสีของเครื่องวางแผนรังสีรักษา	12
2.5 หลักการคำนวณปริมาณรังสีของเครื่องฉายรังสีแบบเกลียวหมุน	
2.6 ความแตกต่างระหว่างภาพรังสีตัดขวาง MVCT กับภาพรังสีตัดขวาง kVCT	14
2.6.1 อันตรกิริยาที่เกิดขึ้นในกระบวนการสร้างภาพ	14
2.6.2 ผลต่อค่าเลขซีที (CT number) และตาราง IVDT	16
2.7 ตารางความสัมพันธ์ระหว่างค่าเลขซีทีกับความหนาแน่น	16
2.8 ผลของตาราง IVDT ที่มีต่อการคำนวณปริมาณรังสี	17

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	20
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์	20
3.1.1 เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์	20
3.1.2 เครื่องคอมพิวเตอร์วาดรอยโรค	21
3.1.3 เครื่องฉายรังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุน	21
3.1.4 เครื่องคอมพิวเตอร์วางแผนรังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุน	22
3.1.5 หุ่นจำลองสมมูลเนื้อเยื่อ (virtual water phantom)	23
3.1.6 แท่งความหนาแน่นทรงกระบอก (cylindrical density plugs)	24
3.2 วิธีดำเนินการวิจัย	25
3.2.1 การสร้างตาราง IVDT	25
3.2.2 กลุ่มข้อมูลตัวอย่าง	28
3.2.3 การเก็บข้อมูลภาพรังสีตัดขวางผู้ป่วย	29
3.2.4 การวางแผนรังสีรักษานบนข้อมูลภาพ kVCT	34
3.2.5 การคำนวณปริมาณรังสีบนข้อมูลภาพ MVCT ด้วยโปรแกรม Planned adaptive	41
3.3 การเปรียบเทียบปริมาณเชิงรังสีคณิต	47
3.4 การวิเคราะห์ผล	48
บทที่ 4 ผลการวิจัย	49
4.1 ปริมาณรังสีที่ปริมาตรรอยโรค	49
4.2 ปริมาณรังสีที่ปริมาตรของอวัยวะสำคัญข้างเคียง	53
4.3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณรังสีที่ตำแหน่งของรอยโรคและอวัยวะสำคัญข้างเคียง ระหว่างการคำนวณโดย Planned adaptive (MVCT) และ HT planning (kVCT)	57

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 อภิปราย สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ	60
5.1 สรุปการวิจัย	60
5.2 อภิปรายผลการศึกษา	60
5.3 สรุปผลการศึกษา	65
5.4 ข้อเสนอแนะ	65
เอกสารอ้างอิง	67
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ตารางเปรียบเทียบค่า HU และความหนาแน่นของอวัยวะตรอน	72
ภาคผนวก ข การเปรียบเทียบปริมาณเชิงรังสีคณิตระหว่าง 1 st fraction MVCT กับ HT planning	78
ภาคผนวก ค การเอกสารประกอบการเก็บข้อมูลอาสาสมัครที่เข้าร่วมในการวิจัย	85
ภาคผนวก ง ผลงานทางวิชาการ	92
ประวัติผู้เขียน	93

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 3.1 แสดงรายละเอียดข้อมูลของผู้ป่วยโรคมะเร็งศีรษะและลำคอแต่ละราย	28
ตาราง 3.2 แสดงปริมาณรังสีตามแพทย์กำหนดที่ตำแหน่งของรอยโรคและอวัยวะสำคัญข้างเคียง	39
ตาราง 4.1 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณรังสีที่ปริมาตรร้อยละ 95 ของ PTV ₇₀ ที่ได้รับระหว่างการคำนวณโดย Planned adaptive (MVCT) และ HT planning (kVCT)	50
ตาราง 4.2 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณรังสีที่ปริมาตร 95 เปอร์เซนต์ของ PTV _{59.4} ระหว่างการคำนวณโดย Planned adaptive (MVCT) และ HT planning (kVCT)	51
ตาราง 4.3 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณรังสีที่ปริมาตรร้อยละ 95 ของ PTV ₅₄ ที่ได้รับระหว่างการคำนวณโดย Planned adaptive (MVCT) และ HT planning (kVCT)	52
ตาราง 4.4 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณรังสีที่ปริมาตรร้อยละ 50 ของต่อมน้ำลายข้างขวา ระหว่างการคำนวณโดย Planned adaptive (MVCT) และ HT planning (kVCT)	54
ตาราง 4.5 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณรังสีที่ปริมาตรร้อยละ 50 ของต่อมน้ำลายข้างซ้าย ระหว่างการคำนวณโดย Planned adaptive (MVCT) และ HT planning (kVCT)	55
ตาราง 4.6 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณรังสีที่ปริมาตรร้อยละ 2 ของไขสันหลังระหว่างการคำนวณโดย Planned adaptive (MVCT) และ HT planning (kVCT)	56
ตาราง 4.7 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณรังสีระหว่างการคำนวณโดย Planned adaptive (MVCT) และ HT planning (kVCT)	57
ตาราง 4.8 แสดงค่าความแตกต่างของปริมาณรังสี D ₉₅ ที่ PTV ₇₀ ที่ได้รับ และค่า p-value จากการทดสอบทางสถิติ pair t-test ระหว่างการคำนวณโดย Planned adaptive (MVCT) และ HT planning	58
ตาราง 4.9 แสดงค่าความแตกต่างของปริมาณรังสี D ₉₅ ที่ PTV _{59.4} ที่ได้รับ และค่า p-value จากการทดสอบทางสถิติ pair t-test ระหว่างการคำนวณโดย Planned adaptive (MVCT) และ HT planning	59

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตาราง 5.1 แสดงปริมาณรังสีของการคำนวณบนภาพรังสี kVCT, ภาพรังสี 1 st day MVCT และภาพรังสี 1 st fraction MVCT	63
ตาราง ก-1 แสดงค่า HU ที่อ่านค่าได้ของแต่ละแท่งความหนาแน่น	72
ตาราง ก-2 แสดงค่า HU เปรียบเทียบกับค่าความหนาแน่นอิเล็กทรอนิกส์ของแต่ละแท่งความหนาแน่นแตกต่าง	73
ตาราง ก-3 แสดงค่า HU เปรียบเทียบกับความหนาแน่นของแต่ละ density plugs	75
ตาราง ข-1 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณเชิงรังสีชนิดที่ปริมาตรร้อยละ 95 ของ PTV ₇₀ ได้รับ ระหว่างการคำนวณโดย 1 st fraction MVCT และ HT planning (kVCT)	79
ตาราง ข-2 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณเชิงรังสีชนิดที่ปริมาตร 95 เปอร์เซนต์ของ PTV _{59.4} ระหว่างการคำนวณโดย 1 st fraction MVCT และ HT planning (kVCT)	80
ตาราง ข-3 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณเชิงรังสีชนิดที่ปริมาตรร้อยละ 95 ของ PTV ₅₄ ได้รับระหว่างการคำนวณ โดย 1 st fraction MVCT และ HT planning (kVCT)	81
ตาราง ข-4 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณเชิงรังสีชนิดที่ปริมาตรร้อยละ 50 ของต่อมน้ำลายข้างขวา ระหว่างการคำนวณโดย 1 st fraction MVCT และ HT planning (kVCT)	82
ตาราง ข-5 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณเชิงรังสีชนิดที่ปริมาตรร้อยละ 50 ของต่อมน้ำลายข้างซ้ายระหว่างการคำนวณโดย 1 st fraction MVCT และ HT planning (kVCT)	83
ตาราง ข-6 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณเชิงรังสีชนิดที่ปริมาตรร้อยละ 2 ของไขสันหลังระหว่างการคำนวณโดย 1 st fraction MVCT และ HT planning (kVCT)	84

สารบัญภาพ

	หน้า
รูป 2.1 แสดงลักษณะการฉายรังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุน	6
รูป 2.2 แสดงองค์ประกอบของเครื่องฉายรังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุน	7
รูป 2.3 แสดงชุดจำกัดลำรังสีแบบ binary multileaf collimator	8
รูป 2.4 แสดงการเลื่อนเปิด-ปิดของ binary multileaf collimator	8
รูป 2.5 แสดงระบบนับวัดรังสีของเครื่องฉายรังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุน	9
รูป 2.6 แสดงผลการคำนวณ Dose-Volume Histograms (DVHs) จากโปรแกรม Planning station	10
รูป 2.7 แสดงผลการคำนวณเป็น sinogram จากโปรแกรม Planning station	10
รูป 2.8 แสดงผลการคำนวณ DVHs เปรียบเทียบระหว่าง verification dose (เส้นประ) และ planning dose (เส้นทึบ) จากโปรแกรม Planned adaptive	12
รูป 2.9 แสดงตำแหน่งการคำนวณปริมาณรังสีที่จุด $D(\bar{r})$	13
รูป 2.10 แสดงการเปรียบเทียบความละเอียดในแยกแยะความแตกต่างระหว่าง ก) ภาพ MVCT และ ข) ภาพ kVCT	15
รูป 2.11 แสดงการเปรียบเทียบผลจาก streak artifacts ระหว่าง ก) ภาพ MVCT และ ข) ภาพ kVCT	15
รูป 2.12 แสดงตารางความสัมพันธ์ระหว่างค่าแฮนส์ฟิลด์ยูนิต (Hounsfield Unit: HU) กับความหนาแน่นอิเล็กตรอน	16
รูป 2.13 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า HU กับความหนาแน่นอิเล็กตรอน	17
รูป 2.14 แสดงความคลาดเคลื่อนของกราฟ IVDT จากการศึกษาของ Langen KM และคณะ	18
รูป 2.15 แสดงความคลาดเคลื่อนของกราฟ IVDT จากการศึกษาของ Crop F และคณะ	18
รูป 2.16 แสดงผลการคำนวณปริมาณรังสีที่มีความคลาดเคลื่อนจากตาราง IVDT ใน ก) มะเร็งศีรษะและลำคอ ข) มะเร็งปอด ค) มะเร็งต่อมลูกหมาก จากการศึกษาของ Pukala J และคณะ	19
รูป 3.1 เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (Toshiba Asteion TSX-021A)	20
รูป 3.2 เครื่องคอมพิวเตอร์วาดรอยโรค	21

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูป 3.3 เครื่องฉายรังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุน (TomoTherapy Hi-Art)	22
รูป 3.4 เครื่องคอมพิวเตอร์วางแผนรังสีรักษาเทคนิคฉายรังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุน	22
รูป 3.5 โปรแกรมวางแผนรังสีรักษาแพลนนิ่งสเตชัน (Planning station)	23
รูป 3.6 โปรแกรมวางแผนรังสีรักษาแพลนอะแดปทีฟ (Planned adaptive)	23
รูป 3.7 หุ่นจำลองสมมูลเนื้อเยื่อ (virtual water phantom)	24
รูป 3.8 แท่งความหนาแน่นทรงกระบอก (cylindrical density plugs)	24
รูป 3.9 ซิสเทมทอมพร้อมด้วยแท่งความหนาแน่นทรงกระบอก	25
รูป 3.10 แสดงตำแหน่งของจุดศูนย์กลางลำรังสีเสมือน (virtual beam isocenter)	26
รูป 3.11 แสดงการอ่านค่าเฮนส์ฟิลด์ยูนิต (Hounsfield Unit: HU) จากชุดภาพ MVCT	27
รูป 3.12 แสดงตารางและกราฟ IVDT ที่ได้จากภาพ MVCT	27
รูป 3.13 แสดงการจัดทำผู้ป่วยและอุปกรณ์ยึดตรึง	29
รูป 3.14 แสดงตำแหน่งศูนย์กลางรังสีอ้างอิง (reference isocenter)	30
รูป 3.15 แสดงการตั้งค่าที่เครื่องคอมพิวเตอร์ควบคุมการสแกน	30
รูป 3.16 ภาพรังสีตัดขวาง kVCT ของผู้ป่วยโรคมะเร็งศีรษะและลำคอ	31
รูป 3.17 แสดงการจัดทำผู้ป่วยที่เครื่องฉายรังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุน	32
รูป 3.18 แสดงตำแหน่งผู้ป่วยที่จุดศูนย์กลางรังสีของเครื่องฉายรังสี	32
รูป 3.19 แสดงการกำหนดขอบเขตการสแกนภาพ MVCT ผู้ป่วย	33
รูป 3.20 ภาพรังสีตัดขวาง MVCT ของผู้ป่วยโรคมะเร็งศีรษะและลำคอ	33
รูป 3.21 แสดงการกำหนดขอบเขตของเตียง (couch)	35
รูป 3.22 แสดงการเลือกผู้ป่วยและชุดโครงร่างรอยโรคและอวัยวะสำคัญข้างเคียง	36
รูป 3.23 แสดงการตั้งค่าบริเวณที่เรสนใจ (region of interest: ROI)	36
รูป 3.24 แสดงการตั้งค่าแผนเทคนิครังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุน (plan setting)	37
รูป 3.25 แสดงการคำนวณความเข้มของปริมาณรังสีในแต่ละลำรังสี (optimization)	40

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูป 3.26 แสดงผลการคำนวณ Dose-Volume Histograms (DVHs) และ sinogram จากโปรแกรม Planning station	41
รูป 3.27 แสดงการเลือกข้อมูลผู้ป่วย (patient data selection)	42
รูป 3.28 แสดงการกำหนดตำแหน่งและตัดเตียง ก) ภาพ MVCT ข) ภาพ kVCT	42
รูป 3.29 แสดงการตั้งค่าการซ้อนทับภาพ	44
รูป 3.28 แสดงภาพ MVCT และภาพ kVCT หลังการซ้อนทับ	44
รูป 3.31 แสดงการเพิ่มเติมของเครื่องฉายรังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุนเข้าไปในภาพ	46
รูป 3.32 แสดงภาพ merged images และการตั้งค่าการคำนวณ	46
รูป 3.33 แสดงผลการคำนวณจากโปรแกรม Planned adaptive	47
รูป 4.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณรังสีที่ปริมาตรรอยโรค	49
รูป 4.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณรังสีที่บริเวณอวัยวะสำคัญข้างเคียง	53
รูป 5.1 แสดงส่วนของ PTV ที่ยื่นออกไปในอากาศ	62
รูป ก-1 แสดงตารางและกราฟ IVDT จากเครื่องวางแผนเทคนิคฉายรังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุน	74
รูป ก-2 แสดงกราฟ IVDT จากเครื่องวางแผนเทคนิคฉายรังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุน ก) แสดงกราฟ IVDT ของชุดข้อมูลภาพ MVCT และ ข)) แสดงกราฟ IVDT ของชุดข้อมูลภาพ kVCT	76
รูป ก-3 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างกราฟ IVDT จากชุดข้อมูลภาพ MVCT และภาพ kVCT	77
รูป ค-1 เอกสารรับรองโครงการวิจัยในมนุษย์	90
รูป ค-2 เอกสารรับรองโครงการวิจัยในมนุษย์ (ต่อ)	91
รูป จ-1 แสดงใบตอบรับการตีพิมพ์ผลงานจากเชียงใหม่เวชสาร	92