บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

การศึกษานี้ได้ดำเนินงานที่หน่วยรังสีรักษาและมะเร็งวิทยา ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย มีดังนี้

3.1.1 เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษา (Toshiba รุ่น Asteion TSX-021A)

เป็นเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ แบบหมุนต่อเนื่องในทิศทางเดียว สามารถสร้างภาพตัดขวางแบบต่อเนื่องของอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกาย พร้อมโปรแกรมสร้างภาพในระนาบต่าง ๆ (รูป 3.1) ส่งผ่านข้อมูลภาพผู้ป่วยไปยังเครื่องวางแผนรังสีรักษาโดยผ่านระบบเครือข่าย สำหรับงานวิจัยนี้ใช้เป็นเครื่องมือส่งข้อมูลภาพรังสีตัดขวาง ของผู้ป่วยโรคมะเร็งปากมดลูกระยะที่สองและสาม เข้าโปรแกรมวางแผนรังสีรักษาสามมิติ (Pinnacle^3 version 7.6c, Philps) เพื่อใช้ในการวางแผนรังสีรักษา

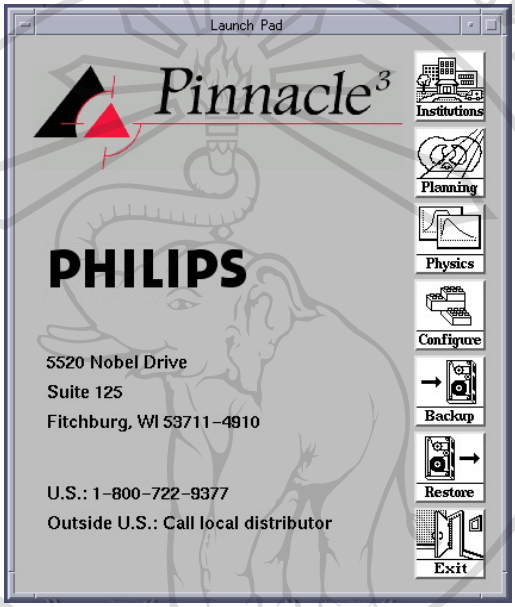
รูป 3.1 เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษา
(หน่วยรังสีรักษาและมะเร็งวิทยา ม.เชียงใหม่, 2551)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1.2 เครื่องคอมพิวเตอร์วางแผนรังสีรักษา

เครื่องคอมพิวเตอร์วางแผนรังสีรักษาสามมิติ สำหรับวางแผนรังสีรักษาแบบระยะไกล โดยคำนวณปริมาณรังสีและแสดงเส้นปริมาณรังสีแบบสองและสามมิติบนหน้าจอมอนิเตอร์

3.1.2.1 โปรแกรมวางแผนรังสีรักษาสามมิติ สำหรับวางแผนรังสีรักษาเทคนิคแบบดั้งเดิม (รูป 3.2)



รูป 3.2 โปรแกรมวางแผนรังสีรักษาสามมิติ (Pinnacle^3 version 7.6c, Philips)

3.1.2.2 โปรแกรมวางแผนรังสีรักษาสามมิติแบบแปรความเข้ม สำหรับวางแผนรังสีรักษาเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้ม (รูป 3.3)

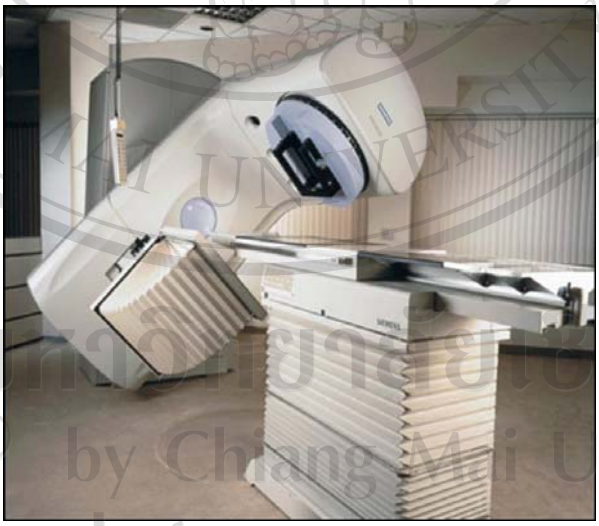
รูป 3.3 โปรแกรมวางแผนรังสีรักษาสามมิติแบบแปรความเข้ม
(KonRad version V2.2.130, Siemens)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยโปรแกรมทั้งสองทำหน้าที่คำนวณปริมาณรังสีและแสดงการกระจายปริมาณรังสีสามมิติ รวมทั้งใช้ประเมินแผนรังสีรักษา จากการจำลองฉายรังสีลงบนภาพรังสีตัดขวางของผู้ป่วยหรือของวัสดุสมมูลเนื้อเยื่อ แล้วส่งผ่านข้อมูลที่ใช้ในการฉายรังสีไปยังโปรแกรมบันทึกและทวนสอบข้อมูล (LANTIS) ทางระบบเครือข่าย สำหรับงานวิจัยนี้ใช้เป็นเครื่องมือวางแผนรังสีรักษาเพื่อศึกษาเปรียบเทียบเชิงรังสีคณิตของการวางแผนรังสีรักษา รวมทั้งใช้ในการการทวนสอบปริมาณรังสีแบบจุดและการกระจายปริมาณรังสีสัมพัทธ์

3.1.3 เครื่องเร่งอนุภาค (Siemens รุ่น Primus 6 MV)

เป็นเครื่องฉายรังสีชนิดเร่งอนุภาค ให้รังสีโฟตอนขนาดพลังงาน 6 ล้านโวลต์ (รูป 3.4) มีระบบจำกัดลำรังสีปฐมภูมิ (Y jaw) ประกอบด้วย Y1 jaw และ Y2 jaw ซึ่งอยู่ตรงข้ามกันโดย Y2 jaw อยู่ทางด้านข้างของกึ่งกลางลำรังสีที่ใกล้กับ electron gun ส่วนระบบจำกัดลำรังสีทุติยภูมิเป็นแบบมัลติลีฟ (X jaw) มีการเคลื่อนที่ตั้งฉากกับระบบจำกัดลำรังสีปฐมภูมิ ซึ่งประกอบด้วยลีฟ 2 แถว คือ X1 bank และ X2 bank สามารถรับข้อมูลแผนรังสีรักษาจากเครื่องวางแผนการรักษา โดยผ่านระบบบันทึกและทวนสอบข้อมูล สำหรับงานวิจัยนี้ใช้เป็นเครื่องมือในการการทวนสอบปริมาณรังสี แบบจุดและการกระจายปริมาณรังสีสัมพัทธ์

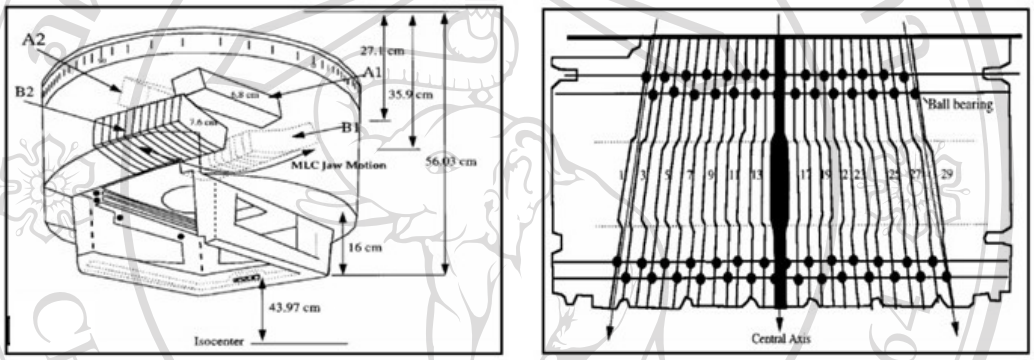


รูป 3.4 เครื่องเร่งอนุภาคพลังงาน 6 ล้านโวลต์ (หน่วยรังสีรักษาแลมะเร็งวิทยา ม.เชียงใหม่, 2551)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1.4 ระบบจำกัดลำรังสีแบบมัลติลีฟ

ระบบจำกัดลำรังสีแบบมัลติลีฟของเครื่องเร่งอนุภาค Siemens รุ่น Primus 6 MV ประกอบด้วย ลีฟ 29 คู่ คู่ที่ 1 และ 29 มีขนาด 6.5 เซนติเมตร ขณะที่คู่ที่ 2 ถึงคู่ที่ 28 มีขนาดความกว้าง 1 เซนติเมตร ที่ระยะ 100 เซนติเมตร จากแหล่งกำเนิดรังสี ลีฟทั้ง 29 คู่ (รูป 3.5) สามารถเคลื่อนที่ผ่านกึ่งกลางลำรังสีได้มากที่สุดเท่ากับ 10 เซนติเมตร และมีการออกแบบเป็น double-focused สำหรับงานวิจัยนี้ใช้มัลติลีฟคอลลิเมเตอร์ เป็นอุปกรณ์ในการแปรความเข้มของการฉายรังสีแปรความเข้มด้วยเทคนิค step and shoot



รูป 3.5 ลักษณะระบบจำกัดลำรังสี แบบมัลติลีฟของเครื่องเร่งอนุภาค Siemens รุ่น Primus 6 MV (Das and others, 1998)

3.1.5 ระบบควบคุมการฉายรังสีแปรความเข้ม IMFAST

เป็นระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุมการฉายรังสีให้เป็นอย่างต่อเนื่องในแต่ละพื้นที่รังสีย่อยที่ได้จากการวางแผนรังสีรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้ม โดยทำงานร่วมกับโปรแกรม Primeview ซึ่งใช้สำหรับแบ่งกลุ่มของพื้นที่รังสีย่อยตามมุมที่ฉายรังสีและเรียงลำดับให้มีการฉายรังสีในแต่ละกลุ่มอย่างต่อเนื่อง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

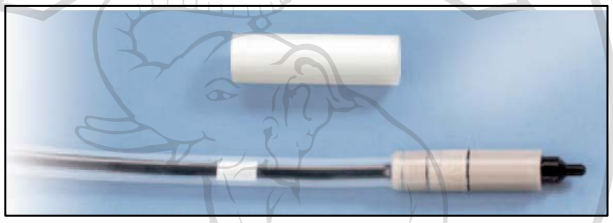
3.1.6 หัววัดรังสีชนิดไอออนไนเซชัน

หัววัดรังสีชนิดไอออนไนเซชันแบบ CC01 โดยมีปริมาตรในการแตกตัว (active volume) เท่ากับ 0.01 ลูกบาศก์เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 2 มิลลิเมตร ความยาว 3.6 มิลลิเมตร ผนังหนาเท่ากับ 0.5 มิลิเมตร (รูป 3.6) ใช้สำหรับวัดปริมาณรังสีของพื้นที่รังสีขนาดเล็กและบริเวณที่มี

การเปลี่ยนแปลงปริมาณรังสีอย่างรวดเร็ว และสามารถใช้วัดได้ทั้งในอากาศ วัสดุสมมูลเนื้อเยื่อแบบของแข็งและแบบน้ำ สำหรับงานวิจัยนี้ใช้วัดปริมาณรังสี เพื่อเปรียบเทียบระหว่างปริมาณรังสีที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรมวางแผนรังสีรักษาเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้มกับปริมาณรังสีที่ได้จากการวัด

3.1.7 เครื่องวัดประจุไฟฟ้า

เครื่องวัดประจุไฟฟ้า Dose1 วัดได้ทั้งประจุ และกระแสไฟฟ้า ปริมาณรังสี อัตราปริมาณรังสี รวมทั้งอุณหภูมิ ความดัน และเวลาที่ใช้ในการวัด (รูป 3.7) ในงานวิจัยนี้ใช้สำหรับวัดค่า output และปริมาณรังสีจากการฉายรังสีแปรความเข้ม



รูป 3.6 หัววัดรังสีชนิดไอออนไนเซชันแบบ CC01 (CC01; Scanditronix Wellhofer)

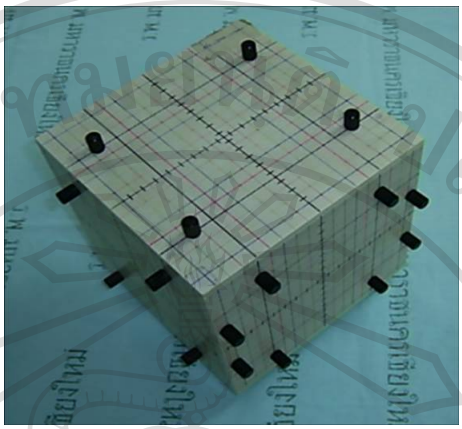
รูป 3.7 เครื่องวัดประจุไฟฟ้า (Dose1, Wellhofer)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1.8 วัสดุสมมูลเนื้อเยื่อ

เป็นวัสดุสมมูลเนื้อเยื่อแบบของแข็ง มีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมลูกบาศก์จัตุรัส ขนาดภายนอก 18x18x18 ลูกบาศก์เซนติเมตร ขนาดภายใน 16 x16x16 ลูกบาศก์เซนติเมตร (รูป 3.8) สร้างจากวัสดุที่สมมูลกับน้ำ มีการออกแบบให้สามารถวัดปริมาณรังสีได้ทั้งฟิล์มและหัววัดรังสีชนิดแตกตัวและ

ปรับตำแหน่งในการวัดได้ สำหรับงานวิจัยนี้ใช้ในการวางแผนรังสีรักษาและทวนสอบความถูกต้องของปริมาณรังสีแบบจุดและแบบการกระจายปริมาณรังสีสัมพัทธ์ จากการฉายรังสีแปรความเข้ม



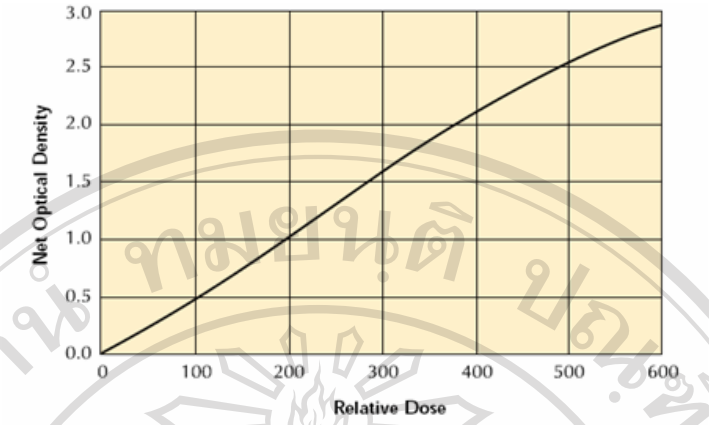
รูป 3.8 วัสดุสมมูลเนื้อเยื่อ (Easy Cube, Wellhofer)

3.1.9 ฟิล์มวัดรังสี

ฟิล์มวัดรังสีชนิดอีดีอาร์ 2 (EDR 2, KODAK) (รูป 3.9) เป็นฟิล์มวัดรังสีที่มีช่วงการตอบสนองต่อรังสีที่กว้าง (Extended Dose Range Film) และค่อนข้างเป็นเส้นตรงในช่วงปริมาณรังสีที่ใช้รักษาผู้ป่วยประจำวัน (25-450 cGY) (รูป 3.10) สำหรับงานวิจัยนี้ใช้ทวนสอบการกระจายปริมาณรังสีสัมพัทธ์จากการฉายรังสีแปรความเข้ม

รูป 3.9 ฟิล์มวัดรังสีชนิดอีดีอาร์ 2 (KODAK รุ่น EDR 2)

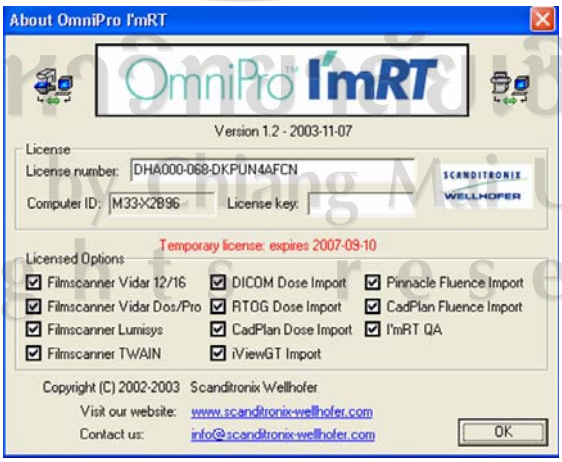
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 3.10 แสดงช่วงการตอบสนองของฟิล์มวัดรังสีชนิดอีดีอาร์ 2

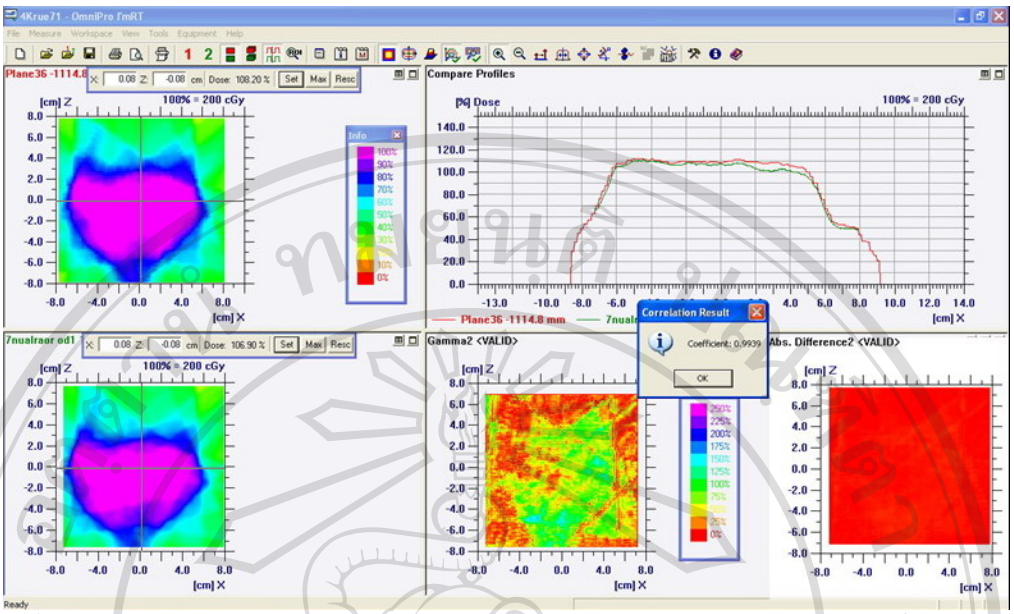
3.1.10 โปรแกรมวิเคราะห์รังสีคณิต

โปรแกรม OmniPro-ImRT (Scanditronix Wellhofer รุ่น 1.2) เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งใช้ร่วมกับเครื่องสแกนฟิล์ม (Vidar scan) เพื่อวัดและวิเคราะห์ปริมาณรังสีสำหรับทวนสอบความถูกต้องของการปริมาณรังสีแบบจุดและแบบการกระจายปริมาณรังสีสัมพัทธ์ โดยสามารถใช้กับระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows ได้ (รูป 3.11) สามารถแสดงผลรังสีคณิตที่ได้จากฟิล์มทั้งหนึ่งมิติ (dose profile) สองมิติ (dose distribution) เปรียบเทียบกับการกระจายปริมาณรังสีที่ได้จากการวางแผนรังสีรักษากับการวัดด้วยฟิล์ม (รูป 3.12) สำหรับงานวิจัยนี้ใช้วิเคราะห์ฟิล์มเพื่อหา H&D curve และการกระจายปริมาณรังสีสัมพัทธ์จากการคำนวณและการวัดด้วยเทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้ม รวมทั้งประเมินผลการทวนสอบการกระจายปริมาณรังสีสัมพัทธ์ด้วยค่าดัชนีแกมม่าและ absolute difference



รูป 3.11 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ OmniPro-ImRT

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 3.12 แสดงเปรียบเทียบการกระจายปริมาณรังสีจากแผนรังสีรักษากับการวัดด้วยฟิล์ม

3.1.11 เครื่องสแกนฟิล์ม (Vidar scan)

เครื่องสแกนฟิล์มรุ่น Vidar scan ที่ให้ความละเอียดในการสแกนภาพได้มากถึง 9600x9600 จุด ใช้สำหรับสแกนภาพรังสี (รูป 3.13) สำหรับงานวิจัยนี้ใช้สแกนฟิล์มอีดีอาร์ 2 ในทวนสอบการกระจายปริมาณรังสีสัมพัทธ์จากการฉายรังสีแปรความเข้ม

รูป 3.13 เครื่องสแกนฟิล์มรุ่น Vidar scan

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1.12 เครื่องอ่านค่าความดำฟิล์ม

เครื่องอ่านค่าความดำฟิล์ม (Deluxe Clamshell Densitometer model 70-443) สามารถอ่านค่าความดำอยู่ในช่วง 0-5.0 แสดงผลด้วยเลขดิจิตอล (รูป 3.14) ในงานวิจัยนี้ใช้สำหรับวัดความดำของฟิล์มวัดรังสีชนิดอีดีอาร์ 2 เพื่อศึกษาคุณสมบัติและวิธีการที่มีผลต่อฟิล์มในการทวนสอบการกระจายปริมาณรังสีสัมพัทธ์จากการฉายรังสีแปรความเข้ม

รูป 3.14 เครื่องอ่านค่าความดำฟิล์ม Deluxe Clamshell Densitometer model 70-443

3.1.13 เครื่องล้างฟิล์มอัตโนมัติ

เครื่องล้างฟิล์มอัตโนมัติ ใช้ในการล้างฟิล์มเอกซเรย์ (รูป 3.15) สำหรับงานวิจัยนี้ใช้ล้างฟิล์มอีดีอาร์ 2 ในทวนสอบการกระจายปริมาณรังสีสัมพัทธ์จากการฉายรังสีแปรความเข้ม

รูป เครื่องล้างฟิล์มอัตโนมัติ

รูป 3.15 เครื่องล้างฟิล์มอัตโนมัติ (Kodak, M35 XOMAT processor)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

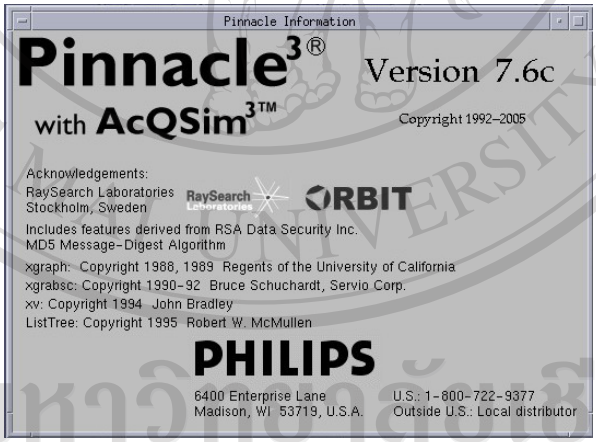
3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.2.1 การส่งข้อมูล ภาพรังสีตัดขวางไปยังเครื่องวางแผนรังสีรักษา

รังสีแพทย์ส่งตรวจผู้ป่วยโรคมะเร็งปากมดลูกระยะที่สองและสาม เพื่อถ่ายภาพรังสีตัดขวาง ด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษา โดยกำหนดขอบเขตตั้งแต่ระดับของกระดูกสันหลังทรวงอกชิ้นที่ 10 ถึงระดับกึ่งกลางขา จำนวน 2 ชุด ชุดแรกเป็นการถ่าย ภาพรังสีตัดขวางแบบปกติและชุดที่สองเป็นการถ่ายภาพรังสีตัดขวางที่มีการฉีดสารทึบรังสี หลังจากนั้นทำการส่งข้อมูลภาพรังสีตัดขวางผู้ป่วยโรคมะเร็งปากมดลูกที่คัดเลือกไว้ จากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษา ไปยังโปรแกรมวางแผนรังสีรักษาสามมิติ Philips รุ่น Pinnacle^3 version 7.6c

3.2.2 การนำข้อมูลภาพรังสีตัดขวางเข้าเครื่องวางแผนรังสีรักษา

นำเข้าข้อมูลภาพรังสีตัดขวางของผู้ป่วยโรคมะเร็งปากมดลูกระยะที่สองและสามที่คัดเลือกไว้ เข้าเครื่องวางแผนรังสีด้วยโปรแกรมวางแผนรังสีรักษาสามมิติ Philips รุ่น Pinnacle^3 version 7.6c (รูป 3.16)



รูป 3.16 แสดงโปรแกรมวางแผนรังสีรักษาสามมิติ Philips รุ่น Pinnacle^3 version 7.6c

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

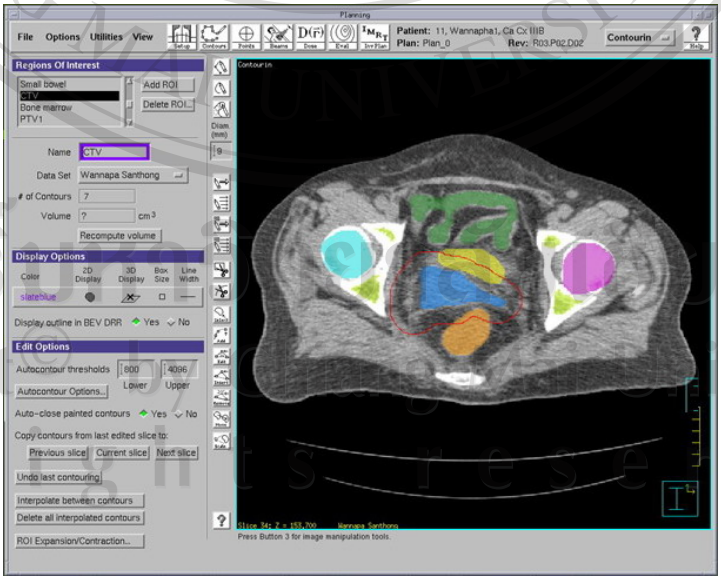
3.2.3 การกำหนดขนาด ขอบเขต ตำแหน่งของก้อนมะเร็งและอวัยวะสำคัญข้างเคียง

รังสีแพทย์ทำการกำหนดขนาด ขอบเขต ตำแหน่งของก้อนมะเร็ง อวัยวะเป้าหมายและอวัยวะสำคัญข้างเคียง หลังจากนำเข้าข้อมูลภาพรังสีตัดขวางของกลุ่มผู้ป่วยบนเครื่องวางแผนรังสีรักษา โดยขอบเขตและตำแหน่งของก้อนมะเร็งและอวัยวะเป้าหมายประกอบด้วย CTV, PTV,

Uterus และ Pelvic lymph node และขอบเขต ตำแหน่งของอวัยวะสำคัญข้างเคียงประกอบด้วย Bladder, Rectum, Small bowel, Femoral heads, Red bone marrow และ Body (outer contour) (ตาราง 3.1 และรูป 3.17) แล้วทำการวางแผนรังสีรักษาด้วยเทคนิคฉายรังสีแบบดั้งเดิม

ตาราง 3.1 แสดงรายละเอียดของก้อนมะเร็ง อวัยวะเป้าหมายและอวัยวะสำคัญข้างเคียง

Contouring; Region of interest	
Target	- Clinical Tumor Volume (CTV) - Planning Target Volume (PTV) ; define by 1 cm margin will be added in all directions on the CTV - Uterus - Pelvic lymph node ; define by 0.7 cm. margin of all directions on internal, external, common iliac and presacral lymph nodes
Organ at risk	- Bladder - Rectum - Small bowel - Femoral head ; right & left - Red bone marrow
Unclassified	- Body (outer contour)



รูป 3.17 แสดงการกำหนดขอบเขต ตำแหน่งของก้อนมะเร็งและอวัยวะสำคัญข้างเคียง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.4 การส่งและนำเข้าข้อมูลภาพรังสีตัดขวางผู้ป่วยพร้อมขอบเขตรอยโรคและอวัยวะสำคัญข้างเคียง เข้าเครื่องวางแผนรังสีรักษาเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้ม

ส่งข้อมูลภาพรังสีตัดขวางผู้ป่วยพร้อมขอบเขตตำแหน่งของก้อนมะเร็งและอวัยวะสำคัญข้างเคียงจากเครื่องวางแผนรังสีรักษา Pinnacle^3 version 7.6c เข้าเครื่องวางแผนรังสีรักษาเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้มบริษัท Siemens รุ่น KonRad version V2.2.130 (รูป 3.18) และทำการนำเข้าข้อมูลภาพรังสีตัดขวางผู้ป่วยพร้อมขอบเขตตำแหน่งของก้อนมะเร็งและอวัยวะสำคัญข้างเคียง เข้าเครื่องวางแผนรังสีรักษาเพื่อวางแผนรังสีรักษาด้วยเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้ม

รูป 3.18 แสดงโปรแกรมวางแผนรังสีรักษาเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้ม Siemens รุ่น KonRad version V2.2.130

3.2.5 การวางแผนรังสีรักษา

3.2.5.1 การวางแผนรังสีรักษาเทคนิคฉายรังสีแบบดั้งเดิม

ศึกษาขั้นตอน กระบวนการและโปรแกรมวางแผนรังสีรักษาที่เกี่ยวกับลักษณะเฉพาะหรือตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการวางแผนรังสีรักษาแบบดั้งเดิม ด้วยเทคนิค Two opposing field และ four fields ของผู้ป่วยโรคมะเร็งปากมดลูกระยะที่สองและสาม ในขั้นตอนของการฉายรังสีบริเวณอุ้งเชิงกราน ด้วยปริมาณรังสีรวม 45 เกรย์ โดยใช้ระบบวางแผนรังสีรักษา Pinnacle^3 version 7.6c ที่ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ขั้นตอนที่ 1 การวางแผนให้ปริมาณรังสีรักษา

ฉายรังสีบริเวณอุ้งเชิงกรานบริเวณก้อนมะเร็งและอวัยวะเป้าหมาย; CTV, PTV, Uterus และ Pelvic node ให้ได้รับปริมาณรังสีรวมที่จุดหมุดลำรังสี 45 เกรย์ หรือได้รับปริมาณรังสี 100 เปอเซ็นต์ ภายในระยะเวลา 5 สัปดาห์ ด้วยรังสีพลังงาน 6 เมกกะโวลต์ ด้วยระบบจำกัดลำรังสี

แบบมัลติลีฟคอลิเมเตอร์ ที่มีระยะจากต้นกำเนิดรังสีถึงจุดหมุนลำรังสี 100 เซนติเมตร โดยให้ปริมาณรังสี 1.8 เกรย์ต่อครั้ง, 1 ครั้งต่อวัน และฉาย 5 วันใน 1 สัปดาห์ ด้วยเทคนิค Two opposing field (AP-PA) หรือ four fields (AP-PA และ Right- Left lateral) ที่ระยะลึกกึ่งกลางตัวผู้ป่วย โดยให้น้ำหนักของแต่ละทิศทางลำรังสีเท่าๆกัน (ตาราง 3.2)

ตาราง 3.2 แสดงปริมาณรังสีรวมของก้อนมะเร็งและอวัยวะเป้าหมาย

Treatment	Sequence	Dose (Gy)
1. External beam	1) Whole pelvis (Target) ~1.8 Gy/fraction, 5 days a week	
	~Opposing fields; 1.8 Gy/fraction	45
	~Four fields; 1.8 Gy/fraction	45
	2) Whole pelvis with mid line shield	10
	3) Reduce field for Parametrial boost with mid line shield	6 ±5%
2. Brach therapy	LDR	~26
	HDR = 5 Fractions of 6 Gy	30
Total dose	point A	~82 - ~85
	point B	~70 - ~74

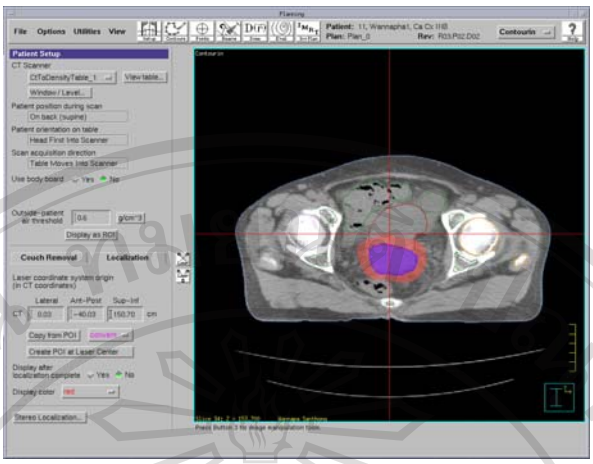
ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดจุดอ้างอิง

การกำหนดจุดอ้างอิงเป็นการบอกตำแหน่งที่ทำไว้บนตัวผู้ป่วย ในขั้นตอนการถ่ายภาพรังสีตัดขวางจำลองการรักษาจากมาร์คเกอร์ที่ติดไว้ ดังรูปที่ จากนั้นทำการกำหนดขอบเขตของพื้นเตียงด้านหลังของผู้ป่วย เพื่อให้พื้นที่ดังกล่าวมีความหนาแน่นเทียบเท่าอากาศทำให้ไม่รบกวนการคำนวนปริมาณรังสี (รูป 3.18 ก และ ข)

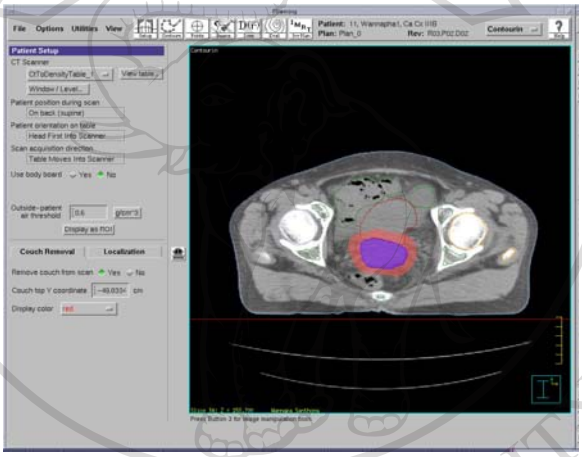
ขั้นตอนที่ 3 การกำหนดจุดคำนวณปริมาณรังสี

เทคนิค Two opposing field และเทคนิค four field; กำหนดจุดคำนวณปริมาณรังสีตรงตำแหน่งกึ่งกลางตัวผู้ป่วยเป็นจุดหมุนลำรังสี ระยะลึกจากผิวของผู้ป่วยถึงจุดหมุนลำรังสีทั้งสี่ทิศทาง นำไปใช้ในการคำนวณปริมาณรังสี ให้ได้รับปริมาณรังสีรวมตามที่กำหนดไว้ (รูป 3.19)

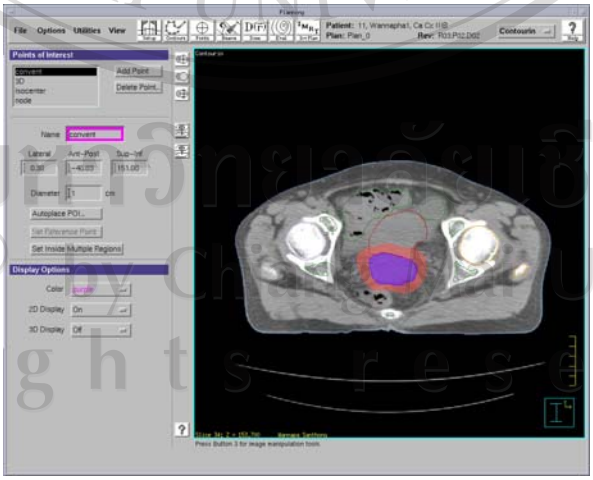
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 3.19 แสดงกำหนดจุดอ้างอิง (ก) และแสดงการกำหนดขอบเขตของพื้นเตียง (ข) การกำหนดจุดคำนวณปริมาณรังสี (ค)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ขั้นตอนที่ 4 การกำหนดพื้นที่และทิศทางลำรังสี

กำหนดพื้นที่ลำรังสีบริเวณอุ้งเชิงกรานให้ได้รับปริมาณรังสีรวม 45 เกรย์ ที่จุดหมุดลำรังสี ตามที่กำหนดไว้ หรือได้รับปริมาณรังสีที่ครอบคลุมด้วยเส้นปริมาณรังสี 100 เปอเซ็นต์ โดยไม่มีการปรับแต่งเส้นปริมาณรังสี (normalization)

ขอบเขตพื้นที่และทิศทางลำรังสีบริเวณอุ้งเชิงกราน;

เทคนิค Two opposing field

- ทิศทางลำรังสี AP portal ใช้มุมของลำรังสีจากหัวเครื่องฉายรังสีด้วยมุม 0 องศา
- ทิศทางลำรังสี PA portal ใช้มุมของลำรังสีจากหัวเครื่องฉายรังสีด้วยมุม 180 องศา (ดังรูป 3.20)

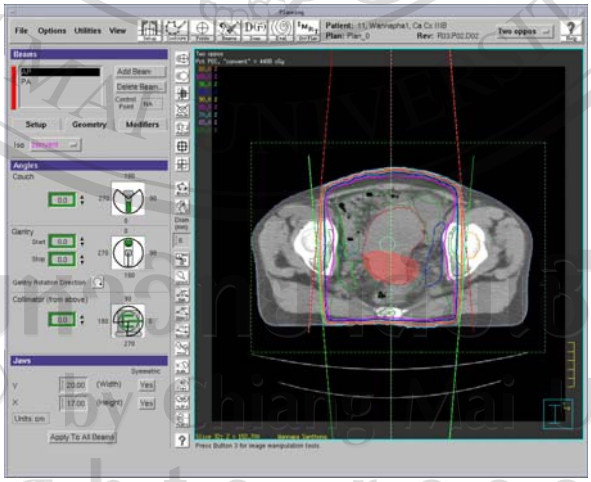
ขอบเขตลำรังสี AP-PA Portals

ขอบด้านบน: แนวภาคตัดขวางที่ระดับกึ่งกลางระหว่างกระดูกสันหลังส่วนบั้นเอวชิ้นที่ 4 และ 5

ขอบด้านล่าง: แนวภาคตัดขวางที่ระดับขอบด้านล่าง obturator foramen หรือต่ำจากขอบด้านล่างของรอยโรค 3 เซนติเมตร

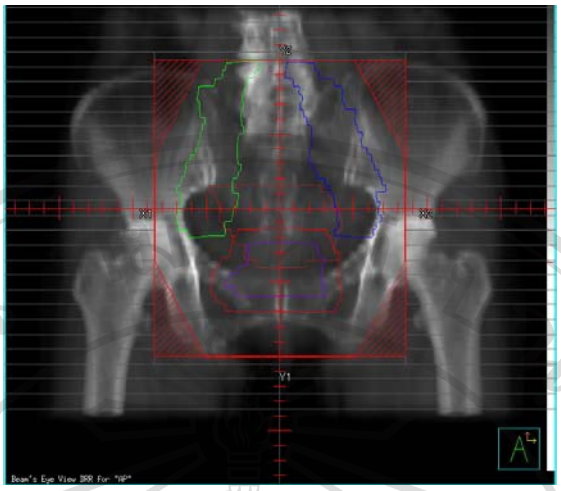
ขอบด้านข้าง: ห่างจากขอบกว้างสุดด้านในของกระดูกอุ้งเชิงกรานออกไป 2 เซนติเมตร

พื้นที่กำบังรังสีในลำรังสี: ปิดกั้นพื้นที่รังสีบริเวณลำไส้เล็กและส่วนหัวของกระดูกต้นขาโดยยังคงให้ลำรังสีฉายตรงรอยโรคที่เพิ่มพื้นที่ margin อีก 1 เซ็นติเมตร จากต่อมน้ำเหลืองคอมม่อน ไอลิแอค และปิดกั้นพื้นที่รังสีที่ 1.5 เซนติเมตร ห่างจาก obturator foramen (รูป 3.21)



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูป 3.20 แสดงทิศทางลำรังสีบริเวณอุ้งเชิงกราน เทคนิค Two opposing field



รูป 3.21 แสดงขอบเขตลำรังสี AP-PA Portals

เทคนิค Four field

- ทิศทางลำรังสีเข้าจากด้านหน้า-หลัง และทิศทางลำรังสีเข้าจากด้านหลัง-หน้า ใช้ทิศทางเดียวกันกับทิศทางของเทคนิค Two opposing field
- ทิศทางลำรังสี AP-PA Portals ใช้ทิศทางเดียวกันกับทิศทางของเทคนิค Two opposing field
- ทิศทางลำรังสี RT. lateral ใช้มุมของลำรังสีจากหัวเครื่องฉายรังสีด้วยมุม 270 องศา
- ทิศทางลำรังสี LT. lateral ใช้มุมของลำรังสีจากหัวเครื่องฉายรังสีด้วยมุม 90 องศา (รูป 3.22)

ขอบเขตลำรังสี (AP-PA Portals) ใช้ขอบเขตเดียวกันกับ Two opposing field

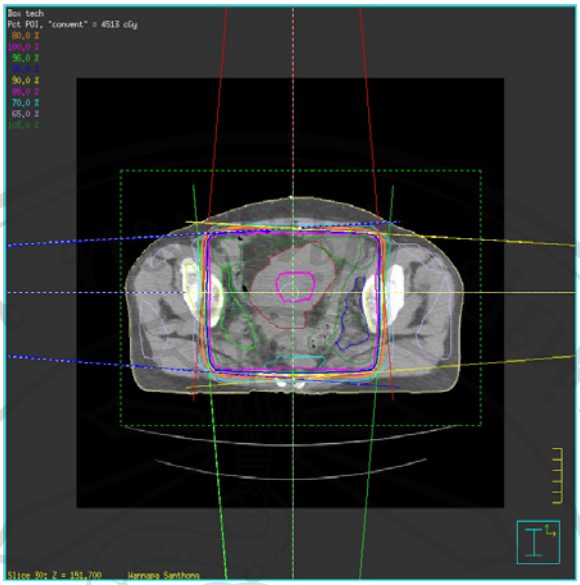
ขอบเขตของทิศทางลำรังสีเข้าจากด้านข้าง (Lateral Portals)

ขอบด้านบนและด้านล่าง: ใช้ขอบเขตเดียวกันกับทิศทางลำรังสี AP-PA Portals

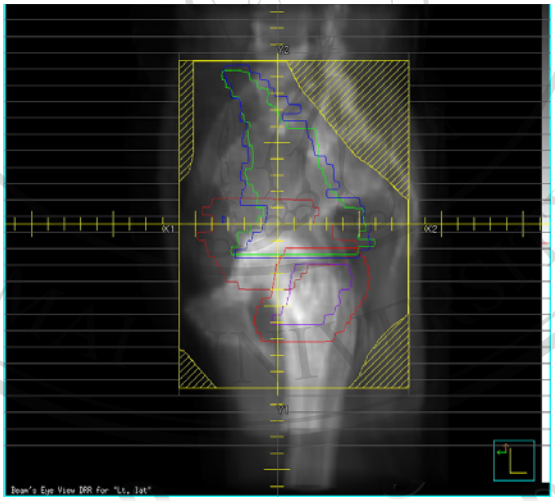
ขอบด้านหน้า: ลากเส้นตรงห่างจากขอบด้านหน้าของกระดูก symphysis pubis 0.5 เซนติเมตร ตัดกับเส้นตรงที่ลากจากด้านหน้าของต่อมน้ำเหลืองคอมม่อน ไอลิแอค ที่ระดับของกระดูกสันหลังส่วนบั้นเอวชิ้นที่ 4-5 ห่างออกไปอย่างน้อย 1 เซนติเมตร

ขอบด้านหลัง: ลากเส้นตามแนวกึ่งกลางของกระดูสันหลังส่วนบั้นเอวชิ้นที่ 4-5และกระดูกสันหลังส่วนหางทั้งหมด (รูป 3.23)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 3.22 แสดงทิศทางลำรังสีบริเวณอุ้งเชิงกราน box technique

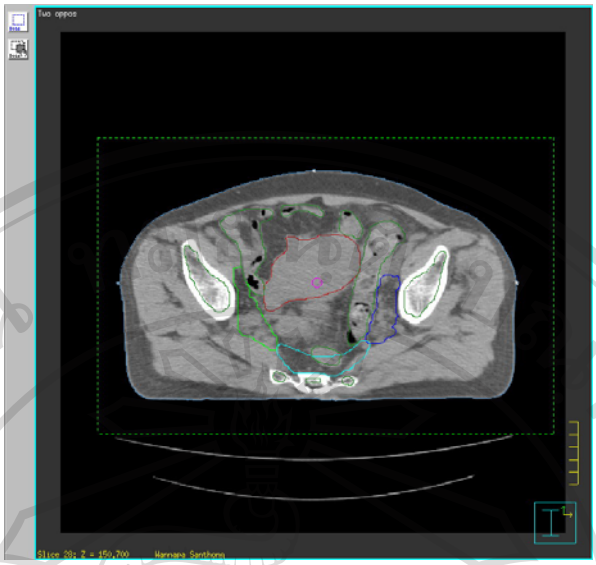


รูป 3.23 แสดงขอบเขตลำรังสีเข้าจากด้านข้าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ขั้นตอนที่ 5 การกำหนดขอบเขตของการคำนวณปริมาณรังสี

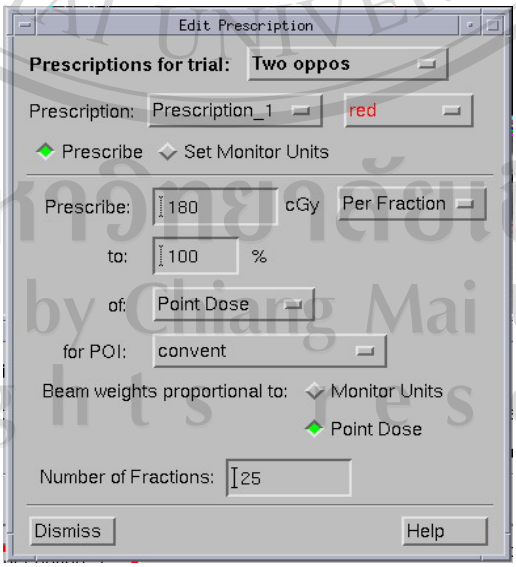
การกำหนดขอบเขตของการคำนวณปริมาณรังสีต้องครอบคลุมพื้นที่รังสีบริเวณอุ้งเชิงกรานทั้งหมด เป็นการบอกตำแหน่งพื้นที่ทั้งหมดของการคำนวนปริมณรังสี (รูป 3.24)



รูปที่ 3.24 แสดงการกำหนดขอบเขตของการคำนวณปริมาณรังสี

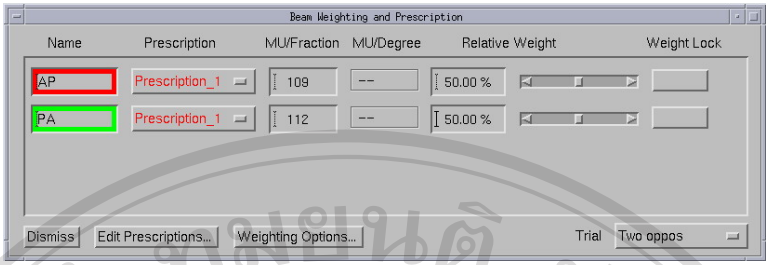
ขั้นตอนที่ 6 การกำหนดปริมาณรังสี

ฉายรังสีบริเวณอุ้งเชิงกรานให้ได้รับปริมาณรังสีรวมที่จุดหมุนลำรังสี 45 เกรย์ หรือได้รับปริมาณรังสี 100 เปอร์เซ็นต์ โดยให้ปริมาณรังสี 1.8 เกรย์ต่อครั้ง, 1 ครั้งต่อวันและฉาย 5 วันใน 1 สัปดาห์ (รูป 3.25) ที่ระยะลึกกึ่งกลางตัวผู้ป่วย โดยให้น้ำหนักของแต่ละทิศทางลำรังสีเท่าๆกัน (รูป 3.26 (ก) และ (ข))

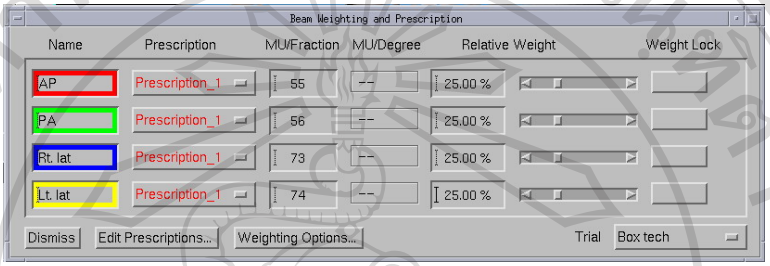


รูป 3.25 แสดงการกำหนดปริมาณรังสีที่จุดหมุนลำรังสี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



(ก)



(ข)

รูป 3.26 แสดงการให้น้ำหนักของแต่ละลำรังสีเท่าๆกัน ด้วยเทคนิค Two opposing field รูป (ก) และ box technique รูป (ข)

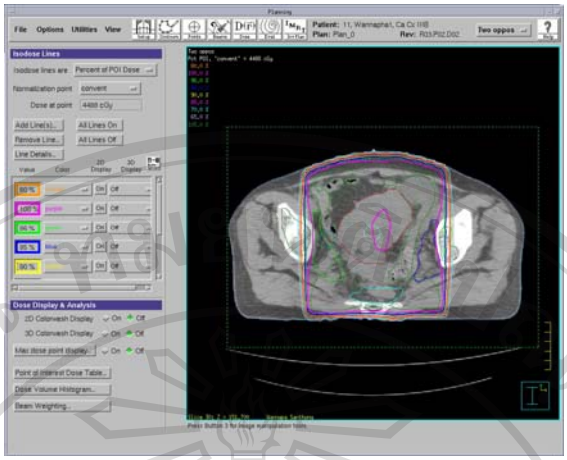
ขั้นตอนที่ 7 ประเมินแผนรังสีรักษา

การประเมินแผนรังสีรักษาเทคนิคฉายรังสีแบบดั้งเดิม จากเครื่องวางแผนรังสีรักษา โดยโปรแกรมวางแผนรังสีรักษา Pinnacle^3 version 7.6c สามารถเลือกให้แสดงปริมาณรังสีที่ตำแหน่งจุดหมุนลำรังสี แสดงเส้นปริมาณรังสีบนพื้นที่ฉายรังสีเป็นอัตราส่วนต่อปริมาณรังสีที่ตำแหน่งจุดหมุนลำรังสี ปริมาณรังสีสูงสุด ต่ำสุด และปริมาณรังสีเฉลี่ย รวมทั้งแผนภูมิรังสีปริมาตรของอวัยวะที่สนใจ (รูป 3.27และ 3.28) นอกจากนี้ควรพิจารณาปริมาณรังสีสมบูรณ์บริเวณวัยวะสำคัญข้างเคียงไม่ให้ได้รับปริมาณรังสีเกินขีดจำกัด (ตาราง 3.3)

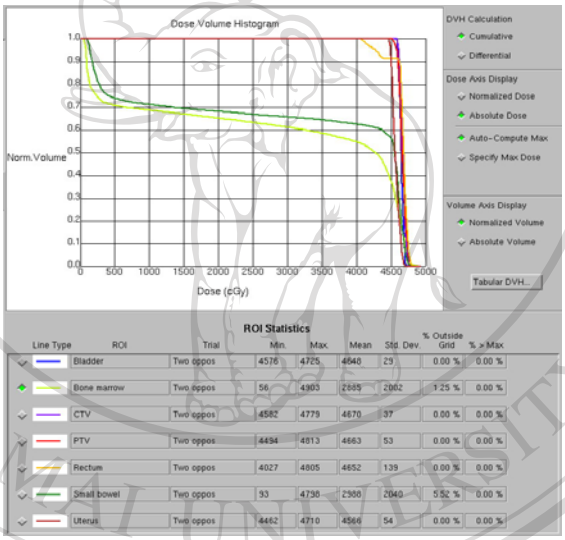
ตาราง 3.3 แสดงปริมาณรังสีสมบูรณ์บริเวณวัยวะสำคัญข้างเคียง (RTOG 0417)

Maximum cumulative dose			
		LDR(Gy)	HDR(Gy)
Point A		~82 - 85	~82 - 86
Sensitive structure	~Bladder	80	≤80% of point A
	~Rectum	70	≤70% of point A
	~Small bowel	60	≤60% of point A

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 3.27 แสดงการประเมินแผนรังสีรักษาด้วยเส้นการกระจายปริมาณรังสี



รูป 3.28 แสดงการประเมินแผนรังสีรักษาด้วยแผนภูมิรังสีปริมาตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.5.2 การวางแผนรังสีรักษาเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้ม

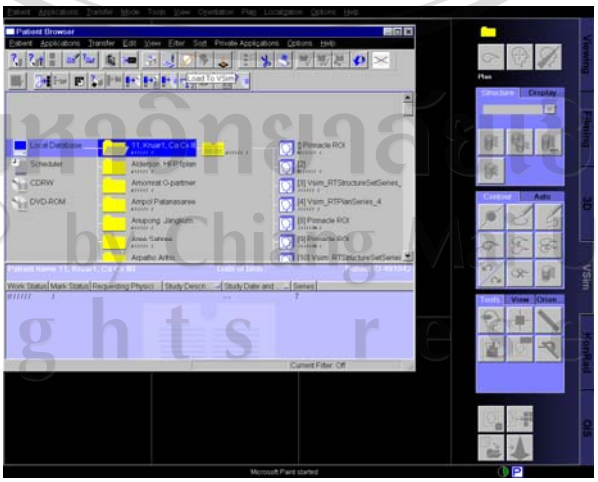
ศึกษาโปรแกรมวางแผนรังสีรักษาที่ inverse planning ของการวางแผนรังสีรักษา เพื่อฉายรังสีด้วยเทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้มแบบ step and shoot ของผู้ป่วยโรคมะเร็งปากมดลูกระยะที่สองและสาม ในขั้นตอนของการฉายรังสีบริเวณอุ้งเชิงกราน ด้วยปริมาณรังสีรวม 45 เกรย์ โดยใช้ระบบวางแผนรังสีรักษา KonRad version V2.2.130 ที่ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การนำเข้าข้อมูลภาพรังสีตัดขวาง

การนำเข้าข้อมูลภาพรังสีตัดขวางของผู้ป่วย พร้อมขอบเขตตำแหน่งของก้อนมะเร็ง อวัยวะเป้าหมายและอวัยวะสำคัญข้างเคียง จากเครื่องวางแผนรังสีรักษา Pinnacle^3 version 7.6c เข้าเครื่องวางแผนรังสีรักษาเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้ม KonRad version V2.2.130 (รูป 3.29) คัดเลือกผู้ป่วยที่ต้องการส่งต่อไปยังหน้าต่างของ VSim ที่ทำหน้าที่ในการกำหนดขอบเขตตำแหน่งของก้อนมะเร็ง อวัยวะเป้าหมาย อวัยวะสำคัญข้างเคียงและรวมทั้งโครงร่างของร่างกาย รวมทั้งการกำหนดจุดหนุนลำรังสีสำหรับคำนวนปริมาณรังสี (รูป 3.30)

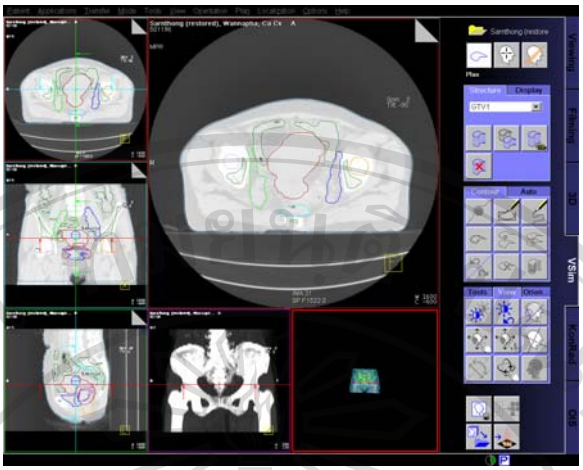
ขั้นตอนที่ 2 การส่งต่อข้อมูลขอบเขตตำแหน่งไปหน้าต่างของ KonRad

การส่งต่อข้อมูลขอบเขตตำแหน่งของก้อนมะเร็ง อวัยวะเป้าหมายและอวัยวะสำคัญข้างเคียงยังหน้าต่างของ KonRad ที่ทำหน้าที่ในการกำหนดแผนรังสีเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้ม จำนวนลำรังสี ทิศทางลำรังสี และพิกัดจุดหมุนของลำรังสี (รูป 3.31 (ก), (ข)) รวมทั้งการกำหนดมุมของคอลลิเมเตอร์และมุมของเตียงในแต่ละลำรังสี (รูป 3.31 (ค), (ง) และ (จ))

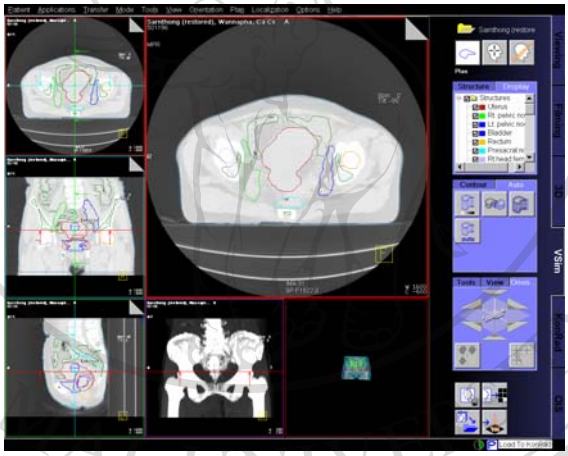


รูป 3.29 แสดงการการนำเข้าข้อมูลภาพซีทีของผู้ป่วย

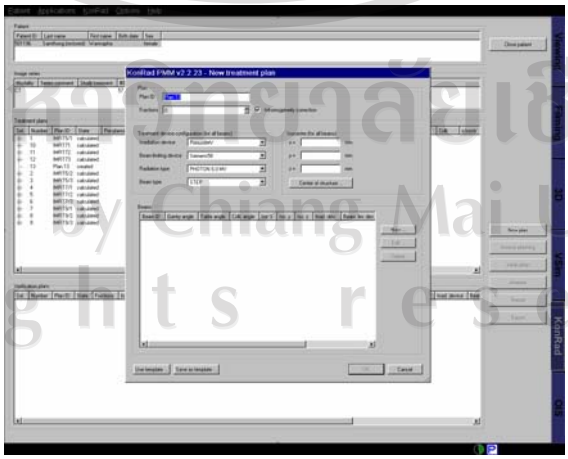
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.30 แสดงการกำหนดขอบเขตตำแหน่งรูปร่าง



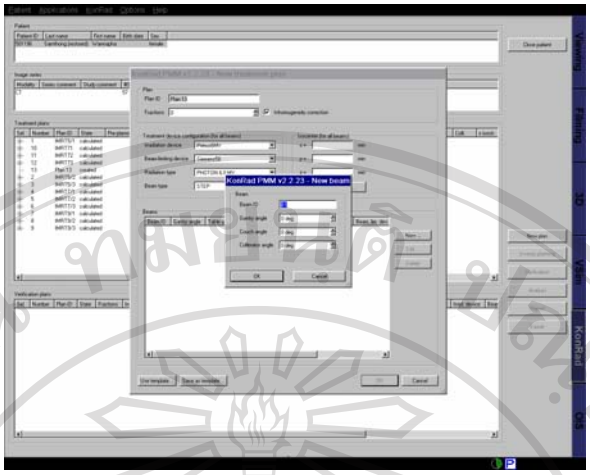
(ก)



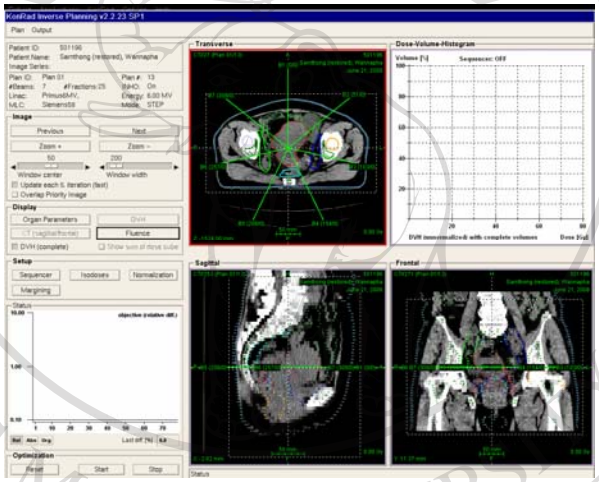
(ข)

รูปที่ 3.31 แสดงการส่งต่อข้อมูลขอบเขตตำแหน่ง รูป (ก) การกำหนดแผนรังสีรักษา รูป (ข)

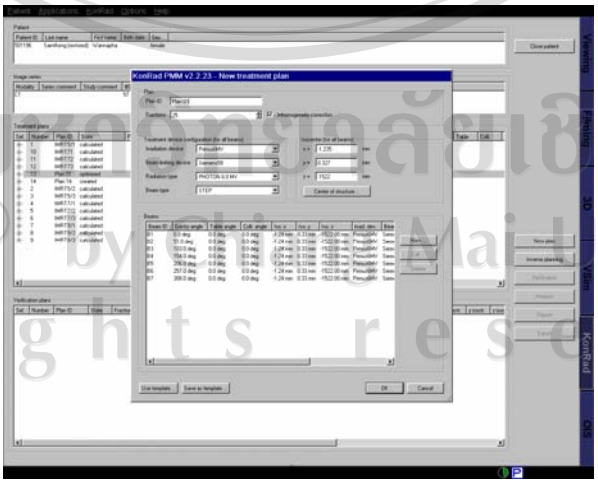
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



(ค)



(ง)



(จ)

รูปที่ 3.31 แสดงการกำหนดพิกัดจุดหมุนของลำรังสี รูป (ค), (ง) และ จำนวนทิศทางลำรังสี รูป (จ)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

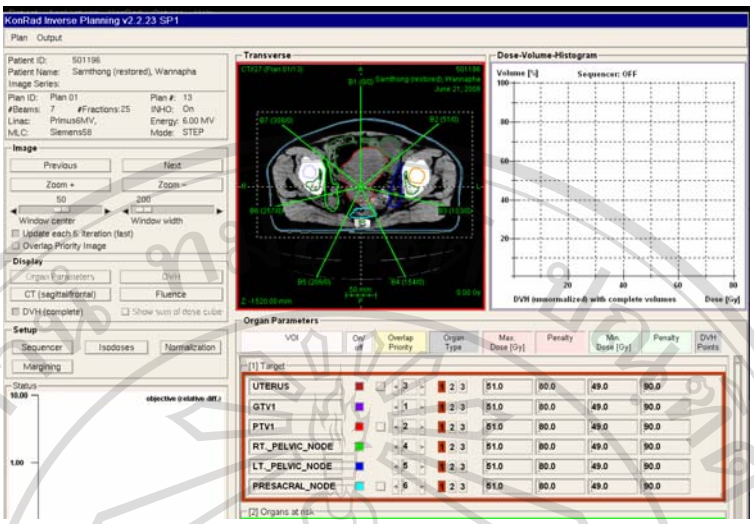
*ขั้นตอนที่ 3 การ*วางแผนให้ปริมาณรังสีรักษา

การวางแผนให้ปริมาณรังสีรักษาเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้ม ใช้การกำหนด objective และ constraint เป็นการกำหนดเป้าหมายของการรักษา ซึ่ง objective คือ เป้าหมายที่กำหนดไว้เพื่อให้โปรแกรมพยายามหาแผนการรักษาที่เหมาะสม (optimize plan) ใน ขณะที่ constraint เป็นการกำหนดเพื่อบอกโปรแกรมเกี่ยวกับเป้าหมายที่พึงพอใจ ซึ่งขั้นตอนวิธีของการ optimization จะพยายามหาคำตอบที่เป็นไปตาม constraint เป็นอันดับแรกจากนั้นจึงจะพยายามหาคำตอบที่เป็นไปตาม objective ของชนิดของกลุ่มอวัยวะที่สนใจ ซึ่งได้แก่อวัยวะเป้าหมาย อวัยวะสำคัญข้างเคียง และอวัยวะที่ไม่สนใจคำนวนปริมาณรังสี แล้วบอกกำหนดพื้นที่ที่มีขอบเขตซ้อนทับกันให้เป็นของอวัยวะที่ต้องการให้คำนวนปริมาณรังสี (overlap priority) กำหนดปริมาณรังสีสูงที่สุดและปริมาณรังสีต่ำที่สุดของอวัยวะต่างๆ รวมทั้งกำหนดลำดับให้ความสำคัญต่อการคำนวณค่าปรับโทษ (penalty) ของอวัยวะในกลุ่มนั้นๆ โดยฉายรังสีบริเวณอุ้งเชิงกรานให้ได้รับปริมาณรังสีที่เส้นปริมาณรังสี 95 เปอเซ็นต์ของปริมาตร PTV เท่ากับ 45 เกรย์ ภายในระยะเวลา 5 สัปดาห์ ด้วยรังสีพลังงาน 6 เมกกะโวลต์ ด้วยระบบจำกัดลำรังสีแบบมัลติลีฟ ที่มีระยะจากต้นกำเนิดรังสีถึงจุดหมุนลำรังสี 100 เซนติเมตร โดยให้ปริมาณรังสี 1.8 เกรย์ต่อครั้ง, 1 ครั้งต่อวัน และฉาย 5 วันใน 1 สัปดาห์ โดยปริมาณรังสีที่อวัยวะสำคัญข้างเคียง อันประกอบด้วย Bladder, Rectum, Small bowel, Femoral heads และ Red bone marrow ต้องไม่เกินปริมาณรังสีที่ยอมรับได้ (tolerance dose) ของการฉายรังสีบริเวณอุ้งเชิงกรานที่ปริมาณรังสีรวม ณ.จุดหมุดลำรังสี 45 เกรย์ (ตาราง 3.4, รูป 3.32 และ 3.33)

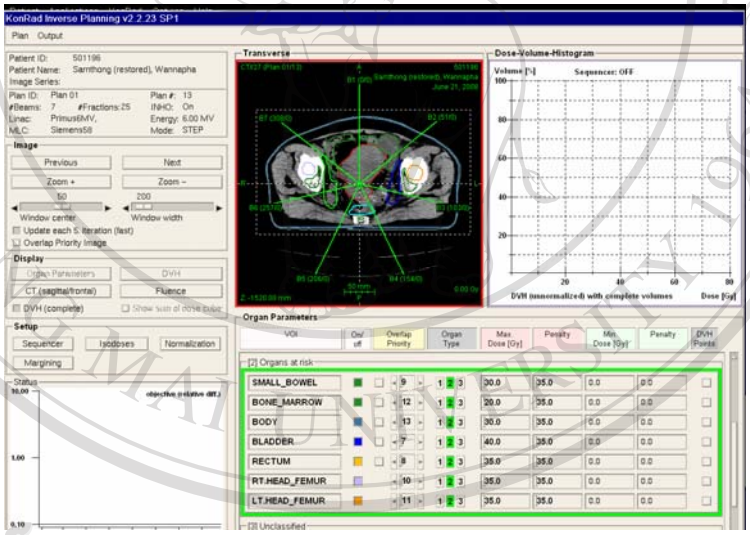
ตาราง 3.4 แสดงปริมาณรังสีรวมของก้อนมะเร็ง, อวัยวะเป้าหมายและปริมาณรังสีจำกัดของอวัยวะสำคัญข้างเคียง (RTOG 0418 (2006), Portelance L. และคณะ (2001), Chen F M. และคณะ (2007))

Target	Prescription dose (Gy)	Organ at risk	Dose limit (Gy)
CTV	45	Bladder	40
PTV	45	Rectum	35
Uterus	45	Small bowel	30
Pelvic node	45	Femoral head	35
		Red bone marrow	20

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 3.32 แสดงการกำหนดชนิดของกลุ่มอวัยวะ ปริมาณรังสีสูงที่สุดและปริมาณรังสีต่ำที่สุด



รูป 3.33 แสดงการกำหนดชนิดของกลุ่มอวัยวะ, objective และ constraint

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณปริมาณรังสี

การวางแผนคำนวณปริมาณรังสีเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้ม มีการกำหนดค่าตัวแปรสำหรับการ optimization หรือการคำนวณแบบวนซ้ำเพื่อหาค่าตัวแปรที่เหมาะสมในการฉายรังสี เพื่อให้ได้ผลตามเป้าหมายของการวางแผน โดยโปรแกรมจะพยายามทำตามแต่ละ objective และไม่ละเมิด constraint ที่กำหนดไว้ การทำ optimization นั้นจะหาคำตอบที่เหมาะสมได้ภายในการวนซ้ำ 25 – 40 รอบ ขั้นตอนเริ่มจากการเปิดใช้งาน Sequencer การกำหนดระดับของการแปรความเข้มรังสี (intensity levels) โดยใช้ระดับความเข้มที่ 7 เนื่องจากให้การoptimize ที่ดีในระยะเวลาที่เหมาะสม

และกำหนดโฟไฟร์ สะมูตติ้งแบบสองมิติที่ระดับสาม (รูป 3.34) หลังจากกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ครบแล้วเริ่มการคำนวณปริมาณรังสี

รูป 3.34 แสดงการคำนวณปริมาณรังสี

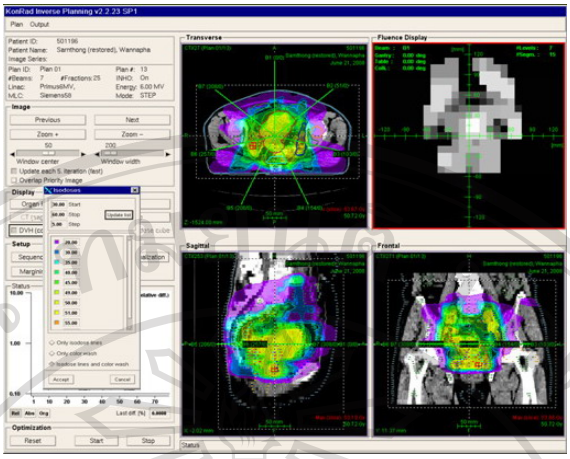
ขั้นตอนที่ 5 การประเมินแผนรังสีรักษา

การประเมินแผนรังสีรักษาเทคนิคฉายรังสีฉายรังสีแปรความเข้ม จากเครื่องวางแผนรังสีรักษา โดยโปรแกรมวางแผนรังสีรักษา Siemens รุ่น KonRad version V2.2.130 สามารถเลือกให้แสดงปริมาณรังสีที่ตำแหน่งจุดหมุนลำรังสี แสดงเส้นปริมาณรังสีบนพื้นที่ฉายรังสีเป็นอัตราส่วนต่อปริมาณรังสีที่ตำแหน่งจุดหมุนลำรังสี ปริมาณรังสีสูงที่สุดในสไลน์นั้นๆ (รูป 3.35) ปริมาณรังสีสูงสุด ต่ำสุด และปริมาณรังสีเฉลี่ย รวมทั้งแผนภูมิรังสีปริมาตร (Dose volume histograms; DVHs) ของอวัยวะที่สนใจ (รูป 3.36) นอกจากนี้ยังสามารถแสดงผลข้อมูลการคำนวนปริมาณรังสี (dose statistic) (รูป 3.37) และควรพิจารณาปริมาณรังสี มากเกินไป น้อยเกินไปบริเวณอวัยวะเป้าหมาย PTV ไม่ให้ได้รับปริมาณรังสีเกินขีดจำกัด ดังตารางที่ 3.5

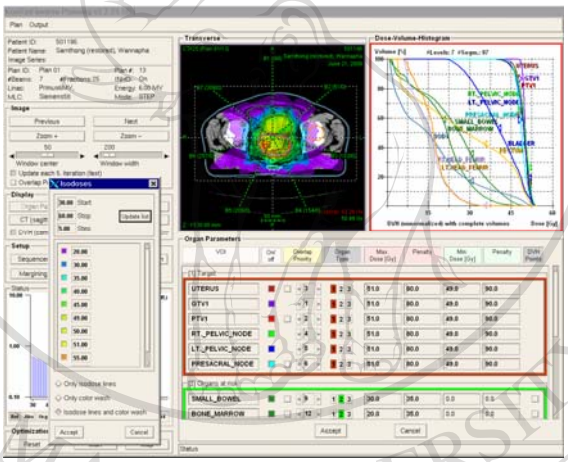
ตาราง 3.5 แสดงปริมาณรังสีมากหรือน้อยเกินไปบริเวณอวัยวะเป้าหมาย PTV (RTOG 0418 (2006))

Target	Prescription dose (Gy)	Volume limit (%)
PTV ($V_{100\%}$)	45	
Hot spot PTV ($V_{110\%}$)	49.50	≤20
Cold spot PTV ($V_{93\%}$)	41.85	≤1

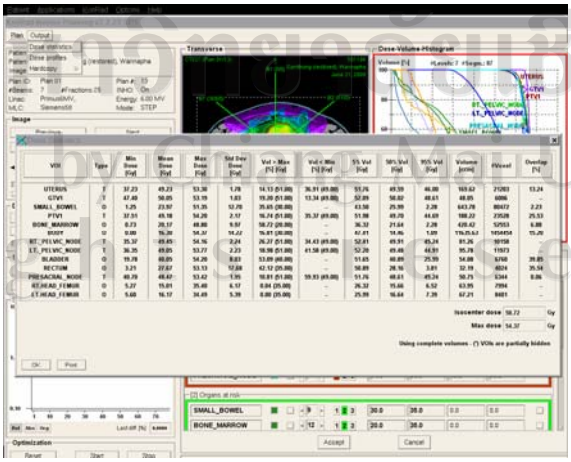
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 3.35 แสดงเส้นปริมาณรังสีบนพื้นที่ฉายรังสี



รูป 3.36 แสดงแผนภูมิรังสีปริมาตร



รูป 3.37 แสดงการแสดงผลข้อมูลการคำนวณปริมาณรังสี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.6 ศึกษาอิทธิพลของจำนวนทิศทางของลำรังสีที่มีต่อการกระจายปริมาณรังสี ของเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้ม

ศึกษาผลของจำนวนทิศทางของลำรังสีที่เหมาะสมสำหรับแผนรังสีรักษาผู้ป่วยโรคมะเร็งปากมดลูกระยะที่สองและสาม ด้วยเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้ม จากแผนรังสีรักษาที่ได้จากกระบวนการ optimization ด้วยการใช้ทิศทางลำรังสีจำนวน 5 , 7 และ 9 ทิศทางลำรังสีตามลำดับ ที่มีมุมระหว่างลำรังสีเท่าๆ กัน โดยไม่มีทิศทางลำรังสีตรงข้ามกัน

3.2.7 วิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณรังสีระหว่างแผนรังสีรักษาเทคนิคฉายรังสีแบบดั้งเดิมและเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้มด้วยวิธีทางสถิติ paired-t-test

วิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณรังสีสมบูรณ์ระหว่างแผนรังสีรักษาเทคนิคฉายรังสีแบบดั้งเดิม (opposing field และ four fields) และเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้ม 7 ทิศทางลำรังสี ด้วย

(1.) ปริมาณรังสีสูงสุด ต่ำสุดและปริมาณรังสีเฉลี่ย

(2.) ค่าดัชนีความเข้ารูป (Conformity index: CI) คือค่าดัชนีที่บอกความกลมกลืนเข้ารูป หรือให้การกระจายปริมาณรังสีที่รังสีแพทย์กำหนดมีรูปร่างใกล้เคียงกับ ก้อนเป้าหมาย โดยค่าดัชนีความเข้ารูปกับอวัยวะที่ดีควรมีค่าเข้าใกล้ 1

(3.) แผนภูมิปริมาณรังสี-ปริมาตร (Dose-volume histograms; DVHs) ได้แก่ D100, D_{95}, D_{90}, D_{50}, V_{30}, V_{50}, V_{70}, V_{90}, V_{95}, V_{100}, V_{110} และ V_{93}

สำหรับก้อนมะเร็งและอวัยวะเป้าหมายประกอบด้วย CTV, PTV, Uterus และ Pelvic lymph node และอวัยวะสำคัญข้างเคียงประกอบด้วย Bladder, Rectum, Small bowel, femoral heads, Red bone marrow รวมทั้งโครงร่างกายช่วงอุ้งเชิงกราน (outer contour of pelvis)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.8 ทวนสอบความถูกต้องของแผนรังสีรักษาเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้ม

ศึกษาการทวนสอบปริมาณรังสีแบบจุดและการกระจายปริมาณรังสีสัมพัทธ์สำหรับเทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้ม 7 ทิศทางลำรังสี

การประเมินแผนรังสีรักษาของเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้มด้วยการวัดปริมาณรังสีแบบจุด

การทวนสอบแผนรังสีรักษาด้วยการวัดปริมาณรังสีแบบจุด ใช้วิธีการคำนวณความแตกต่างของปริมาณรังสีระหว่างการวัดแบบจุดกับการคำนวณจากโปรแกรมวางแผนรังสีรักษา เพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (root mean square error) ของการคำนวณของโปรแกรมวางแผนรังสีรักษา โดยค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของปริมาณรังสีที่ได้จากการวัด ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของลำรังสี ระหว่างผลการคำนวณของโปรแกรมกับข้อมูลจากการวัดมีกำหนดเกณฑ์ดังนี้ ที่ตำแหน่งกึ่งกลางของลำรังสีของทั้งภายในพื้นที่รังสีและนอกพื้นที่รังสีต้องไม่เกิน 4%

การประเมินแผนรังสีรักษาของการฉายรังสีแปรความเข้มด้วยการวัดการกระจายปริมาณรังสีสัมพัทธ์

การทวนสอบแผนรังสีรักษาด้วยการวัดการกระจายปริมาณรังสี ใช้วิธีการคำนวณค่าดัชนีแกมม่า (γ) เกณฑ์ที่ใช้สำหรับตรวจสอบการคำนวณปริมาณรังสีของโปรแกรมวางแผนรังสีรักษาในบริเวณที่มีปริมาณรังสีเปลี่ยนแปลงน้อย (small dose gradients) โดยทั่วไปจะกำหนดเป็น ค่าความคลาดเคลื่อนมากที่สุดของการคำนวณปริมาณรังสีเทียบกับการวัดที่จุดเดียวกัน ส่วนบริเวณที่ปริมาณรังสีมีการเปลี่ยนแปลงมาก (large dose gradients) จะกำหนดเป็นค่ามากที่สุดของระยะห่างระหว่างการกระจายปริมาณรังสีที่ได้จากการคำนวณกับการกระจายปริมาณรังสีที่เท่ากันที่ได้จากการวัด โดยงานวิจัยนี้กำหนดเกณฑ์การยอมรับสำหรับระยะห่างระหว่างการกระจายปริมาณรังสีที่ได้จากการคำนวณเทียบกับการกระจายปริมาณรังสีที่เท่ากันที่ได้จากการวัดเท่ากับ 3 มิลลิเมตร และค่าความแตกต่างระหว่างปริมาณรังสีที่ได้จากการคำนวณเทียบกับปริมาณรังสีที่ตำแหน่งเดียวกันกับการวัดเท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าดัชนีแกมม่าไม่เกิน 1 แสดงว่าผลการคำนวณผ่านเกณฑ์การยอมรับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.8.1 ทวนสอบปริมาณรังสีสมบูรณ์แบบจุดของแผนรังสีรักษาผู้ป่วยโดยการวัด

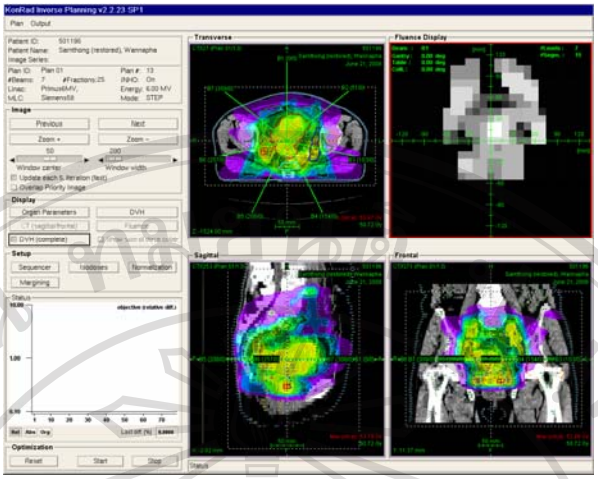
คัดลอกแผนรังสีรักษาผู้ป่วยโรคมะเร็งปากมดลูกด้วยเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้ม7 ทิศทางลำรังสี แบบ step and shoot ลงบนวัสดุสมมูลเนื้อเยื่อ Easy cube (รูป 3.38) จากนั้นวัดปริมาณรังสีในวัสดุสมมูลเนื้อเยื่อที่ใช้ในการวางแผนด้วยหัววัดรังสีชนิดไอออนไนเซชัน เทียบกับปริมาณรังสีที่คำนวณในวัสดุสมมูลเนื้อเยื่อที่ตำแหน่งเดียวกันจากโปรแกรมวางแผนรังสีรักษา (รูป 3.39 และ 3.40) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อน

3.2.8.2 ทวนสอบการกระจายปริมาณรังสีสัมพัทธ์ของแผนรังสีรักษาผู้ป่วยโดยฟิล์ม

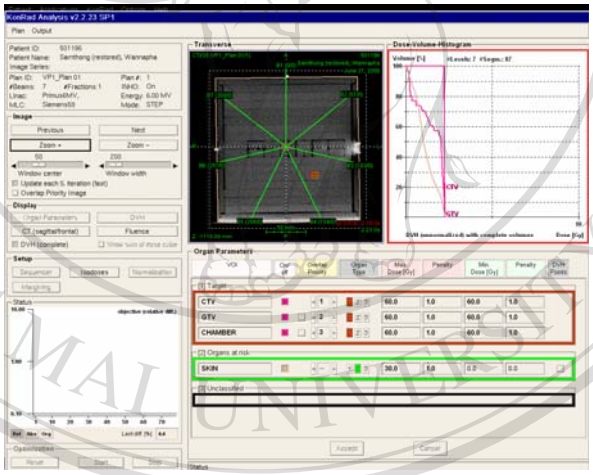
คัดลอกแผนรังสีรักษาผู้ป่วยโรคมะเร็งปากมดลูกด้วยเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้ม7 ทิศทางลำรังสี แบบ step and shoot ลงบนวัสดุสมมูลเนื้อเยื่อ Easy cube จากนั้นวัดการกระจายรังสีด้วยฟิล์มอีดีอาร์ 2 ในวัสดุสมมูลเนื้อเยื่อที่ใช้ในการวางแผน เพื่อเปรียบเทียบกับการกระจายรังสีที่คำนวณได้จากโปรแกรมวางแผนรังสีรักษา ประเมินความแตกต่างระหว่างการวัดและคำนวณการกระจายรังสีทางสถิติด้วยค่าดัชนีแกมม่า โดยใช้โปรแกรม OmniPro-ImRT

รูป 3.38 แสดงการทวนสอบปริมาณรังสีสมบูรณ์แบบจุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 3.39 แสดงการวางแผนรังสีรักษาผู้ป่วยโรคมะเร็งปากมดลูกด้วยเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้ม7 ทิศทางลำรังสี แบบ step and shoot



รูป 3.40 แสดงแผนรังสีรักษาผู้ป่วยที่คัดลอกลงบนวัสดุสมมูลเนื้อเยื่อ Easy cube

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved