

บทที่ 5

สรุป วิเคราะห์ และข้อเสนอแนะ

การฉายรังสีแปรความเข้ม เป็นเทคนิคการฉายรังสีให้ปริมาณรังสีคลุมเฉพาะรูปร่างของก้อนมะเร็งโดยที่เนื้อเยื่อปกติและอวัยวะข้างเคียงได้รับปริมาณรังสีในระดับต่ำ ความถูกต้องแม่นยำของปริมาณและการกระจายรังสีเป็นสิ่งสำคัญในการฉายรังสีแปรความเข้ม กระบวนการฉายรังสีแปรความเข้มประกอบด้วยหลายขั้นตอนดังที่กล่าวมาแล้ว ซึ่งขั้นตอนส่วนมากเกี่ยวข้องกับโปรแกรมวางแผนรังสีรักษาโดยตรง ดังนั้นการนำเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้มมาใช้จึงต้องทวนสอบปริมาณและการกระจายรังสีจากระบบวางแผนรังสีรักษาและระบบฉายรังสีเพื่อประเมินความไม่แน่นอนทางรังสีชนิดที่เกิดขึ้น

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการติดตั้งเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้มแบบ step and shoot เพื่อนำไปใช้ทางคลินิก โดยใช้โปรแกรมวางแผนรังสีรักษา Pinnacle³ version 6.2 (Philips) ส่งผ่านข้อมูลด้วยระบบบันทึกและทวนสอบ (Lantis) และเครื่องฉายรังสี Primus 6 MV (Siemens) ที่ใช้ระบบจำกัดลำรังสีแบบมัลติลีฟเป็นอุปกรณ์ในการแปรความเข้ม จากการศึกษาสรุปแนวปฏิบัติของการติดตั้งเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้มได้ดังนี้

1. ติดตั้งโปรแกรมวางแผนรังสีรักษา (Pinnacle³ version 6.2, Philip)

ขั้นตอนและวิธีการติดตั้งประกอบด้วย

1.1 กำหนดข้อมูลเชิงกายภาพของเครื่องฉายรังสีในโปรแกรมวางแผนรังสีรักษา โดยศึกษาวิธีการป้อนข้อมูลและการกำหนดค่าข้อมูลที่น่าเข้าสู่โปรแกรมวางแผนรังสีรักษาจากคู่มือการใช้งาน Pinnacle³ Physics Guide ข้อมูลที่นำเข้านี้ต้องตรวจสอบความถูกต้องกับเครื่องฉายรังสีที่ใช้จริง และข้อมูลบางค่าได้จากผู้ผลิตเครื่องฉายรังสี

1.2 จำลองลำรังสี การคำนวณปริมาณรังสีของโปรแกรมวางแผนรังสีรักษา Pinnacle³ ใช้ขั้นตอนวิธีการคำนวณ Collapsed Cone Convolution Superposition การจำลองลำรังสีต้องอาศัยข้อมูลลำรังสีที่วัดและนำเข้า ดังนั้นการคำนวณปริมาณรังสีจึงขึ้นกับความถูกต้องของการจำลองลำรังสีลำรังสีและข้อมูลลำรังสีที่วัดเป็นสำคัญ การจำลองลำรังสีมีขั้นตอนดังนี้

1.2.1 ศึกษารูปแบบข้อมูลที่ต้องวัดและนำเข้าสู่โปรแกรมวางแผนรังสีรักษาจากคู่มือ Pinnacle³ BDC Guide

1.2.2 ศึกษาวิธีการและค่าตัวแปรที่ใช้ในการจำลองลำรังสีของโปรแกรมวางแผนรังสีรักษา Pinnacle³ version 6.2 (Philips)

1.2.3 วัดข้อมูลลำรังสีที่ต้องนำเข้าสู่โปรแกรมวางแผนรังสีรักษาโดยระบบวิเคราะห์ลำรังสี (Beam acquisition and analysis system)

1.2.4 นำข้อมูลเข้าโปรแกรมวางแผนรังสีรักษาโดยปฏิบัติตามคู่มือ Pinnacle³ Physics Guide

1.2.5 จำลองลำรังสีในโปรแกรมวางแผนรังสีรักษาแล้วประเมินผลการจำลองลำรังสีด้วยเกณฑ์กำหนดดังนี้ ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของปริมาณรังสีสัมพัทธ์ที่เปลี่ยนแปลงตามระยะลึก ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของปริมาณรังสีสัมพัทธ์ที่เปลี่ยนแปลงตามระยะห่างจากกึ่งกลางของลำรังสีทั้งแกน X และแกน Y ที่กึ่งกลางลำรังสี และปริมาณรังสีสัมพัทธ์ที่เปลี่ยนแปลงตามระยะห่างจากกึ่งกลางลำรังสีบริเวณเงามัว

ในงานวิจัยนี้พบว่า การจำลองลำรังสีแบบอัตโนมัติให้ผลจำลองที่มีความถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของพื้นที่รังสีตั้งแต่ 3x3 ตารางเซนติเมตร พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของปริมาณรังสีสัมพัทธ์ตามระยะลึกจากผิวถึงระยะลึกที่มีปริมาณรังสีสูงสุดมีค่าไม่เกิน 3.0 เปอร์เซ็นต์ และจากระยะลึกที่มีปริมาณรังสีสูงสุดถึงระยะลึก 35 เซนติเมตรมีค่าไม่เกิน 1.0 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของปริมาณรังสีสัมพัทธ์ตามระยะห่างจากกึ่งกลางลำรังสีทั้งในและนอกพื้นที่รังสีมีค่าไม่เกิน 3.0 เปอร์เซ็นต์ โดยที่บริเวณเงามัวมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยไม่เกิน 7.0 เปอร์เซ็นต์ และจากการศึกษานี้ยังพบว่า การจำลองลำรังสีแบบอัตโนมัติที่มีในโปรแกรมวางแผนรังสีรักษาให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ต่ำกว่าการจำลองลำรังสีตามวิธีของ Starkschall G. และคณะ (2000)

1.3 คำนวณค่า Output factor ค่า output factor ของการกระเจิงเนื่องจากคอลลิเมเตอร์และกระเจิงเนื่องจากเนื้อเยื่อของผู้ป่วยหรือวัสดุสมมูลเนื้อเยื่อที่ใช้คำนวณจำนวน monitor unit ในโปรแกรมวางแผนรังสีรักษาได้จากการจำลองของโปรแกรมวางแผนรังสีรักษา โดยข้อมูลที่ต้องวัดศึกษาได้จากคู่มือ Pinnacle³™ BDC Guide ส่วนวิธีการนำเข้าข้อมูลการวัดและวิธีคำนวณค่า output factor ศึกษาได้จากคู่มือ Pinnacle³ Physics Guide

1.4 ตรวจสอบการส่งผ่านข้อมูล จากโปรแกรมวางแผนรังสีรักษาเทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้มแบบ step and shoot ที่ใช้มัลติลีฟคอลลิเมเตอร์ในการแปรความเข้ม การฉายรังสีประกอบด้วยพื้นที่รังสีย่อยที่มีขนาดเล็กจำนวนมาก ถ้าหากการกำหนดค่าเชิงกายภาพของลิฟและJaw ระหว่างโปรแกรมวางแผนรังสีรักษา ระบบบันทึกและทวนสอบข้อมูล และเครื่องฉายรังสีไม่ถูกต้องตรงกัน การส่งผ่านข้อมูลพื้นที่รังสีย่อยที่ใช้ในการฉายรังสีแปรความเข้มจะเกิดความ

คลาดเคลื่อนและทำให้ปริมาณและการกระจายรังสีที่ได้จากการฉายรังสีและการคำนวณแตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของการส่งผ่านข้อมูลฉายรังสี โดยการส่งผ่านข้อมูลพื้นที่รังสีรูปตัว L จากโปรแกรมวางแผนรังสีรักษาผ่านระบบบันทึกและทวนสอบข้อมูลไปยังเครื่องฉายรังสี

1.5 บันทึกเครื่องฉายรังสีเข้าฐานข้อมูลโปรแกรมวางแผนรังสีรักษา เป็นการตรวจรับเครื่องฉายรังสีที่จำลองลำรังสีแล้ว เมื่อมีการตรวจรับ (commission) ในโปรแกรม Pinnacle แล้วเครื่องฉายรังสีที่จำลองจะถูกย้ายจากฐานข้อมูล Physics Machine ไปยังฐานข้อมูล Planning Machine สามารถนำไปใช้ในการวางแผนรังสีรักษาได้

1.6 ทวนสอบการคำนวณจำนวน Monitor Unit โปรแกรมวางแผนรังสีรักษาจะคำนวณปริมาณรังสีที่ถูกดูดกลืนในผู้ป่วย โดยแสดงค่าเป็นจำนวน monitor unit ที่ใช้ในการฉายรังสีให้แก่ผู้ป่วย ถ้าข้อมูลที่ป้อนเพื่อการคำนวณจำนวน monitor unit มีความคลาดเคลื่อน ปริมาณรังสีระหว่างการคำนวณกับที่ผู้ป่วยได้รับก็จะคลาดเคลื่อนด้วย

ในงานวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบปริมาณรังสีระหว่างการคำนวณกับการวัดแบบจุดของพื้นที่รังสีสี่เหลี่ยมจัตุรัสและพื้นที่รังสีรูปใดๆโดยฉายรังสีเท่ากับจำนวน monitor unit ที่คำนวณได้จากโปรแกรมวางแผนรังสีรักษา จากผลการศึกษาพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของพื้นที่ฉายรังสีสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 2.0 เปอร์เซ็นต์ และพื้นที่รังสีรูปใดๆมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 3.0 เปอร์เซ็นต์

2.วางแผนรังสีรักษาแบบ inverse planning

การฉายรังสีแปรความเข้มต้องใช้วิธีวางแผนรังสีรักษาแบบ inverse planning การศึกษาวิธีการวางแผนรังสีรักษาแบบ inverse planning และค่าตัวแปรต่างๆที่ต้องกำหนดให้แก่โปรแกรมวางแผนรังสีรักษาจากคู่มือ P³IMRT User Guide การวางแผนรังสีรักษาที่ถูกต้องและการเลือกแผนรังสีรักษาที่เหมาะสมจะทำให้ผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีที่ถูกต้องตรงกับเป้าหมายที่ต้องการ

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาจำนวนทิศทางของลำรังสีที่ใช้ในการวางแผนรังสีรักษาจำนวน 3 ถึง 9 ทิศทาง พบว่าการกระจายปริมาณรังสีที่รังสีแพทย์กำหนดมีรูปร่างใกล้เคียงกับก้อนเป้าหมายมากขึ้นเมื่อใช้จำนวนทิศทางลำรังสีมากขึ้น การกำหนดจำนวน Monitor Unit ต่อพื้นที่รังสีย้อยน้อยที่สุดในช่วง 1 ถึง 10 Monitor Unit และขนาดของพื้นที่รังสีย้อยน้อยที่สุดในช่วง 1 ถึง 16 ตารางเซนติเมตร ที่ใช้ในการฉายในแต่ละพื้นที่รังสีย้อย พบว่าจำนวนพื้นที่รังสีย้อยลดลงเมื่อจำนวน Monitor Unit และขนาดของพื้นที่รังสีย้อยเพิ่มขึ้น โดยขนาดของพื้นที่รังสีย้อยที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้การกลมกลืนของปริมาณรังสีลดลงด้วย ระดับ fluence ของพื้นที่รังสีย้อยที่เพิ่มขึ้นในช่วง 5 ถึง 15

ระดับ จะทำให้จำนวนพื้นที่รังสีย่อยเพิ่มขึ้น และได้เปรียบเทียบการกระจายปริมาณรังสีที่ได้จากกระบวนการ optimization กับการกระจายปริมาณรังสีที่ได้หลังจากการสร้างชุด (convert) ข้อมูลตำแหน่งของมัลติลีฟคอลลิเมเตอร์ของโปรแกรมวางแผนรังสีรักษาพบว่าปริมาณรังสีลดลงหลังจากการสร้างชุดข้อมูลตำแหน่งของมัลติลีฟคอลลิเมเตอร์

3. วัดค่ารังสีชนิดเฉพาะของระบบจำกัดลำรังสีมัลติลีฟ

พื้นที่ฉายรังสีแปรความเข้มประกอบด้วยพื้นที่รังสีย่อยขนาดเล็กจำนวนมาก ความถูกต้องของตำแหน่งลีฟและเงามัวที่เกิดจากลีฟจะทำให้เกิดค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณและการกระจายรังสีระหว่างการคำนวณกับการวัด และปริมาณรังสีที่ทะลุผ่านลีฟอาจทำให้ปริมาณรังสีรวมที่ผู้ป่วยได้รับสูงกว่าปริมาณที่รังสีแพทย์กำหนด เพราะพื้นที่รังสีย่อยขนาดเล็กต้องใช้เวลาหรือจำนวน monitor unit มากกว่าพื้นที่รังสีขนาดใหญ่เพื่อให้ได้ปริมาณรังสีรวมเท่าที่กำหนด

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษารังสีชนิดเฉพาะของมัลติลีฟคอลลิเมเตอร์พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณรังสีที่ทะลุผ่านระหว่างลีฟที่อยู่ติดกัน ปริมาณรังสีที่ทะลุผ่านลีฟ และค่าเฉลี่ยของปริมาณรังสีที่ทะลุผ่านปลายลีฟ มีค่าเท่ากับ 1.13 ± 0.15 เฟอร์เซ็นต์ 0.79 ± 0.09 เฟอร์เซ็นต์ และ 1.46 ± 0.92 เฟอร์เซ็นต์ของปริมาณรังสีที่ฉาย ตามลำดับ ขนาดของเงามัวของพื้นที่รังสีกว้าง 1 เซนติเมตร ที่เกิดขึ้นเนื่องจากขอบด้านข้างของแต่ละลีฟมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.430 ± 0.032 เซนติเมตร หรือประมาณ 43.0 ± 3.2 เฟอร์เซ็นต์ของขนาดความกว้างพื้นที่รังสี และขนาดเงามัวที่เกิดขึ้นเนื่องจากปลายของทุกลีฟมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.397 ± 0.024 เซนติเมตร หรือประมาณ 39.7 ± 2.4 เฟอร์เซ็นต์ของขนาดความกว้างพื้นที่รังสี 1 เซนติเมตร ความถูกต้องของตำแหน่งลีฟมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.080 ± 0.084 เซนติเมตร ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Bayouth J.E. และ Morrill S.M. (2003)

4. ทวนสอบปริมาณและการกระจายรังสี

การทวนสอบปริมาณและการกระจายรังสีที่ได้จากโปรแกรมวางแผนรังสีรักษามีจุดประสงค์คือหาความคลาดเคลื่อนของรังสีชนิดที่เกิดขึ้นจากระบบวางแผนรังสีรักษาเพื่อประโยชน์ในการประเมินแผนรังสีรักษาที่จะใช้ในการรักษา วิธีหนึ่งของการทวนสอบคือการวัดปริมาณและการกระจายรังสีในวัสดุสมมูลเนื้อเยื่อ

4.1 ขนาดหัววัดรังสีที่ใช้ทวนสอบ การฉายรังสีแปรความเข้มประกอบด้วย พื้นที่รังสีย่อยขนาดเล็กจำนวนมาก และใช้ลำรังสีจำนวนหลายมม (โดยทั่วไป 5-9 มม) จึงต้องพิจารณาขนาดของหัววัดที่เป็นปัจจัยที่อาจทำให้การวัดปริมาณรังสีไม่ถูกต้อง

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษานาฬิกาของหัววัดรังสีชนิดไอออนในเซชันที่มีผลต่อการวัดปริมาณรังสีในพื้นที่รังสีที่มีขนาดเล็ก เพื่อใช้ในการพิจารณาเลือกขนาดของหัววัดรังสีชนิดไอออนในเซชันในการวัดปริมาณรังสีจากการฉายรังสีแปรความเข้ม จากการศึกษาพบว่า การวัดปริมาณรังสีจากพื้นที่รังสีที่มีขนาดเล็ก หัววัดรังสีชนิดไอออนในเซชันที่มีปริมาตรในการเก็บประจุเท่ากับ 0.01 ลูกบาศก์เซนติเมตร (CC01) วัดปริมาณรังสีได้สูงกว่าหัววัดรังสีชนิดไอออนในเซชันที่มีปริมาตรในการเก็บประจุเท่ากับ 0.6 ลูกบาศก์เซนติเมตร (FC 65 P) ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงเลือกใช้หัววัดรังสีชนิดไอออนในเซชันที่มีปริมาตรในการเก็บประจุเท่ากับ 0.01 ลูกบาศก์เซนติเมตร วัดปริมาณรังสีด้วยการฉายรังสีแปรความเข้ม เนื่องจากการที่จะวัดปริมาณรังสีได้ถูกต้อง fluence ที่ตกกระทบหัววัดควรมีความสม่ำเสมอตลอดทั้งปริมาตร ซึ่งหัววัดรังสีชนิดไอออนในเซชันที่มีพื้นที่หน้าตัดที่มีขนาดเล็กจึงสามารถใช้วัดปริมาณรังสีที่มีความสม่ำเสมอในบริเวณน้อยได้และหัววัดมีโอกาสอยู่ในพื้นที่รังสีย่อยทั้งหมดมากกว่า

ในการวัดปริมาณรังสีแบบจุดนอกจากการพิจารณาการเลือกใช้นาฬิกาของหัววัดรังสีชนิดไอออนในเซชัน (Leybovich and others, 2003) แล้ว การเลือกตำแหน่งของการวัดที่มีปริมาณรังสีเปลี่ยนแปลงน้อย (low dose gradient) การตรวจสอบตำแหน่งของการวัดปริมาณรังสีให้ตรงกับตำแหน่งที่ใช้เปรียบเทียบปริมาณรังสีกับการคำนวณ และในขณะการวัดพยายามไม่ให้รังสีตกกระทบบริเวณอื่นที่ไม่ตรงกับภาพซีทีที่ใช้ในการคำนวณปริมาณรังสี (IMRT Collaborative Working Group, 2001) เช่นขอบของเตียงที่เป็นโลหะ จะทำให้ปริมาณรังสีที่วัดได้มีความถูกต้อง

4.2 รังสีชนิดของฟิล์มที่ใช้ทดสอบ ปัจจุบันฟิล์มวัดรังสีมีหลายชนิด ฟิล์มวัดรังสีแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติด้านรังสีชนิดที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจมีผลทำให้ความดำหรือปริมาณรังสีที่วัดได้ไม่ถูกต้อง

งานวิจัยนี้ศึกษาคุณสมบัติด้านรังสีชนิดของฟิล์มอีดีอาร์ 2 สำหรับวัดการกระจายปริมาณรังสีของการฉายรังสีแปรความเข้ม ในด้านวิธีการฉายรังสีต่อการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดำของฟิล์มอีดีอาร์ 2 กับปริมาณรังสี ระยะเวลาระหว่างฉายรังสีและมุมระหว่างระนาบของฟิล์มอีดีอาร์ 2 กับแนวกึ่งกลางลำรังสี จากการศึกษาพบว่า วิธีการฉายรังสีโดยใช้พื้นที่รังสีที่มีขนาดเล็ก (2 x 2 ตารางเซนติเมตร) จำนวน 9 ตำแหน่งบนฟิล์มหนึ่งแผ่น (single film) เพื่อสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดำของฟิล์มกับปริมาณรังสีที่วัด ไม่มีความแตกต่างด้านรังสีชนิดจากการฉายพื้นที่รังสีที่มีขนาดใหญ่ที่ต้องใช้ฟิล์มวัดรังสีชนิดอีดีอาร์ 2 จำนวน 2 แผ่น (step wedge) ระยะเวลาระหว่างฉายรังสีและมุมระหว่างระนาบของฟิล์มกับแนวกึ่งกลางลำรังสีไม่มีผลต่อความสัมพันธ์ระหว่างความดำกับปริมาณรังสี

การเลือกใช้ชนิดของฟิล์มวัดรังสี การตรวจสอบตำแหน่งการวัดปริมาณรังสีให้ตรงกับตำแหน่งที่ใช้เปรียบเทียบกับจำนวน การหลีกเลี่ยงรังสีตกกระทบเพียง และการเลือกใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์และวิธีวิเคราะห์การกระจายปริมาณรังสีจากฟิล์มวัดรังสีเปรียบเทียบกับจำนวน จะทำให้การทวนสอบปริมาณและการกระจายรังสีโดยใช้ฟิล์มวัดรังสีมีความถูกต้อง

4.3 ทวนสอบปริมาณและการกระจายรังสีจากแผนรังสีรักษา การทวนสอบปริมาณและการกระจายรังสีได้เริ่มจาก การวางแผนรังสีรักษานบนวัสดุสมมูลเนื้อเยื่ออย่างง่ายเพื่อให้การประเมินค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นไม่ซับซ้อน จากนั้นได้วางแผนรังสีรักษานบนภาพซีทีของผู้ป่วยเพื่อประเมินค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจริงในการรักษาให้แก่ผู้ป่วย

ในงานวิจัยนี้ทวนสอบปริมาณรังสีจากการฉายรังสีแปรความเข้มโดยวัดปริมาณรังสีแบบจุดด้วยหัววัดรังสีชนิดไอออนในเซชันที่มีปริมาตรในการเก็บประจุเท่ากับ 0.01 ลูกบาศก์เซนติเมตร และทวนสอบการกระจายปริมาณรังสีจากการฉายรังสีแปรความเข้มด้วยฟิล์มวัดรังสีชนิดอีดีอาร์ 2 โดย

กรณีที่ 1 กำหนดรูปร่างของก้อนเป้าหมายเป็นรูปอย่างง่ายเช่น ทรงกลมหรือตัวซี (มีปริมาตรมากกว่า 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร) บนวัสดุสมมูลเนื้อเยื่อแบบลูกบาศก์ (Easy cube) และวางแผนรังสีรักษา โดยเลือกแผนรังสีรักษาที่มีปริมาณรังสีเปลี่ยนแปลงน้อยในตำแหน่งที่วางหัววัดรังสีชนิดไอออนในเซชัน (น้อยกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ ในพื้นที่วงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร) จำนวน 10 แผนรังสีรักษา

จากผลการศึกษาการวัดปริมาณรังสีแบบจุดด้วยหัววัดรังสีชนิดไอออนในเซชันในกรณีที่ 1 พบว่า ปริมาณรังสีจากการคำนวณมีค่าความคลาดเคลื่อนจากปริมาณรังสีที่วัดไม่เกิน 3.00 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 9 แผนรังสีรักษา โดยทั้ง 10 แผนรังสีรักษามีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง -0.24 ถึง 4.76 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.77 เปอร์เซ็นต์

กรณีที่ 2 วางแผนรังสีรักษานบนภาพซีทีของผู้ป่วยมะเร็งโพรงอากาศหลังจมูก (nasopharyngeal) มีปริมาตร GTV ประมาณ 7 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วคัดลอกแผนรังสีรักษาลงบนวัสดุสมมูลเนื้อเยื่อ Easy cube เปรียบเทียบปริมาณรังสีที่คำนวณกับปริมาณรังสีจากการวัด จำนวน 10 แผนรังสีรักษา

จากผลการศึกษาในกรณีที่ 2 พบว่าการคำนวณปริมาณรังสีมีค่าความคลาดเคลื่อนจากปริมาณรังสีที่วัดเฉลี่ย 9.33 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความคลาดเคลื่อนในช่วง 4.40 ถึง 12.82 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 9 แผนรังสีรักษา มี 1 แผนรังสีรักษาค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 21.63 เปอร์เซ็นต์ สาเหตุที่ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนสูงคือการที่ก้อนเป้าหมายมีขนาดเล็ก (ประมาณ 7 ลูกบาศก์เซนติเมตร) แผนรังสีรักษาที่ได้จึงประกอบด้วยพื้นที่รังสีย่อยที่มีขนาดเล็กจำนวนมากและ

ใช้จำนวน monitor unit ที่น้อย หัววัดรังสีที่มีขนาดเล็กซึ่งความไวต่อรังสีต่ำ ปริมาณรังสีที่วัดได้จึงมีค่าต่ำด้วย รวมทั้งในตำแหน่งที่วางหัววัดรังสีมีปริมาณรังสีที่เปลี่ยนแปลงสูง (มากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ ในพื้นที่วงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร) ดังนั้นค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดจึงมีค่าสูง เพื่อให้ค่าความคลาดของปริมาณรังสีที่ฉายและการวัดลดลง ได้เปลี่ยนจำนวนลำรังสีที่ใช้จำนวนมากขึ้นจาก 5 ทิศทางเป็น 9 ทิศทาง ทำให้บริเวณที่หัววัดรังสีมีปริมาณรังสีเปลี่ยนแปลงลดลง ค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างการวัดและการคำนวณมีค่าลดลงจาก 21.63 เปอร์เซ็นต์ เหลือเพียง 4.40 เปอร์เซ็นต์

การทวนสอบการกระจายปริมาณรังสีใช้ค่าดัชนีเกมมาเพื่อประเมินค่าความคลาดเคลื่อนของการคำนวณ จากการกำหนดเกณฑ์การยอมรับสำหรับระยะห่างระหว่างการกระจายปริมาณรังสีที่ได้จากการคำนวณเทียบกับการกระจายปริมาณรังสีที่เท่ากันที่ได้จากการวัด และค่าความแตกต่างระหว่างปริมาณรังสีที่ได้จากการคำนวณเทียบกับปริมาณรังสีที่ตำแหน่งเดียวกันกับการวัด โดยตำแหน่งที่มีค่าดัชนีเกมมาน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 แสดงว่าที่ตำแหน่งนั้นอยู่ภายใต้เกณฑ์กำหนด ในงานวิจัยนี้ตำแหน่งที่มีค่าดัชนีเกมมาน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 มีระยะห่างระหว่างการกระจายปริมาณรังสีที่ได้จากการคำนวณเทียบกับการกระจายปริมาณรังสีที่เท่ากันที่ได้จากการวัดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 3 มิลลิเมตร และค่าความแตกต่างระหว่างปริมาณรังสีที่ได้จากการคำนวณเทียบกับปริมาณรังสีที่ตำแหน่งเดียวกันกับการวัดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 3 เปอร์เซ็นต์

จากการศึกษาการติดตั้งเทคนิคการฉายรังสีแปรความเข้มพบว่า

1. การวัดและนำเข้าข้อมูลลำรังสีที่ใช้สำหรับจำลองลำรังสีและคำนวณหน่วยนับวัดรังสีสู่โปรแกรมวางแผนรังสีรักษา ควรเป็นข้อมูลที่ครอบคลุมสำหรับการใช้งานและทวนสอบ เช่น ปริมาณรังสีสัมผัสที่เปลี่ยนแปลงตามความลึกของพื้นที่รังสีที่เล็กที่สุดที่ใช้ในการฉายรังสี เป็นต้น
2. การวางแผนรังสีรักษาด้วยการฉายรังสีแปรเข้ม ปริมาตรเป้าหมายขนาดเล็กมากจะทำให้ปริมาณรังสีที่ฉายมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากพื้นที่รังสีย่อยที่ได้จะมีขนาดเล็กมากๆ (ผลของตำแหน่งลิฟที่มีต่อความคลาดเคลื่อนของปริมาณรังสีสูงขึ้น) ดังนั้นเพื่อลดโอกาสความคลาดเคลื่อนควรมีการศึกษาขนาดปริมาตรเป้าหมายที่เหมาะสมสำหรับการฉายรังสีแปรความเข้ม
3. ในงานวิจัยนี้ได้วางแผนรังสีรักษาให้มีปริมาณรังสีคลุมพอดีกับรูปร่างของปริมาตรเป้าหมาย ทำให้ปริมาณรังสีที่ได้หลังจากสร้างชุดข้อมูลตำแหน่งของมัลติลีฟคอลลิเมเตอร์ (convert) มีค่าน้อยกว่าที่กำหนด เพื่อให้ปริมาณรังสีที่ได้หลังจากสร้างชุดข้อมูลตำแหน่งของมัลติลีฟคอลลิเมเตอร์ตรงตามเป้าหมายที่ต้องการ ควรวางแผนรังสีรักษาให้ปริมาณรังสีคลุมรูปร่างของปริมาตรที่ใหญ่กว่าเป้าหมาย

4. ในงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรมวิเคราะห์ปริมาณและการกระจายรังสีที่ใช้การเปลี่ยนค่าสแกน (scan value) จากภาพของฟิล์มเป็นปริมาณรังสี อาจทำให้การประเมินการกระจายปริมาณรังสีที่ได้มีความคลาดเคลื่อน การใช้โปรแกรมวิเคราะห์ปริมาณและการกระจายรังสีจากค่าความดำสุทธิของฟิล์ม (net optical density) จะทำให้การทวนสอบปริมาณรังสีมีความถูกต้องยิ่งขึ้น

5. โปรแกรมวางแผนรังสีรักษาและการฉายรังสีจะมีความไม่แน่นอนของรังสีชนิดเฉพาะแต่ละเทคนิคฉายรังสี ก่อนนำเทคนิคฉายรังสีแปรความเข้มใช้ฉายรังสีสำหรับโรคมะเร็งชนิดหนึ่งๆ ควรมีการศึกษาวิธีการวางแผนรังสีรักษาเฉพาะโรคมะเร็งอวัยวะนั้นๆ เช่น การเลือกใช้จำนวนทิศทาง การทวนสอบแผนรังสีรักษาที่ใช้ในการฉาย เพื่อประเมินความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นในการฉายรังสีโรคมะเร็งชนิดนั้น และทวนสอบแผนรังสีรักษาเพื่อนำไปประเมินหรือแก้ไขแผนรังสีรักษาก่อนฉายรังสีผู้ป่วย