

การเปรียบเทียบปริมาณรังสีในปริมาตรเป้าหมายของการวางแผนการรักษาและ อวัยวะเสี่ยงสำหรับผู้ป่วยมะเร็งต่อมลูกหมากด้วยเทคนิคการฉายรังสีแบบสามมิติ และปรับความเข้ม ในโรงพยาบาลสกลนคร

พัฒนพงษ์ แสนชนม์ วท.ม.*

เกียรติศักดิ์ พรหมเสนาสา พ.บ., วว. รังสีรักษาและมะเร็งวิทยา*

ศรายุทธ ครุโสภา วท.ม.*

วิมลมาศ ทองงาม วท.ม.*

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบปริมาณรังสีในปริมาตรเป้าหมายของการวางแผนการรักษา (Planning target volume: PTV) และอวัยวะเสี่ยง (Organs at risk: OARs) ในผู้ป่วยมะเร็งต่อมลูกหมากด้วยเทคนิคการฉายรังสีแบบสามมิติ (3DCRT) และแบบปรับความเข้ม (IMRT) กลุ่มตัวอย่างคือ แผนการรักษา 3DCRT และ IMRT อย่างละ 10 แผน ของผู้ป่วยมะเร็งต่อมลูกหมากชนิดความเสียหายสูง จำนวน 5 ราย ทำการสร้างแผนการรักษาผู้ป่วยมะเร็งต่อมลูกหมากชนิดความเสียหายสูงด้วยเทคนิค 3DCRT และ IMRT โดยกำหนดค่าปริมาณรังสีระหว่าง 76 ถึง 78 เกรย์ ทำการเปรียบเทียบค่าดัชนีความเข้ารูป (Conformity index: CI) และค่าพารามิเตอร์ปริมาณรังสีเชิงปริมาตรใน PTV และ OARs จากแผนการรักษาทั้ง 2 เทคนิค

ผลการศึกษาพบว่าค่า CI ของ PTV ที่ได้จากแผนการรักษาทั้ง 2 เทคนิค มีค่าอยู่ระหว่าง 0.99 ถึง 1.48 สำหรับค่าปริมาณรังสีที่มีค่าต่ำสุดที่ครอบคลุมปริมาตรของ PTV (D_{95}) ทั้ง 2 เทคนิคมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 95 เมื่อพิจารณาปริมาตรของ PTV ที่ได้รับ ปริมาณรังสีสูงเกินกว่าที่กำหนดร้อยละ 110 (V_{110}) ของปริมาณรังสีที่กำหนด เทคนิค 3DCRT มีค่าสูงกว่าเทคนิค IMRT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) เมื่อพิจารณาการได้รับปริมาณรังสี OARs ในแผนการรักษาแบบ 3DCRT OARs ได้รับปริมาณรังสีเกินเกณฑ์ที่กำหนดทุกแผนการรักษา ในขณะที่ IMRT OARs ได้รับปริมาณรังสีผ่านตามเกณฑ์ของ Radiation Therapy Oncology Group (RTOG)

การฉายรังสีแบบ IMRT สามารถเพิ่มปริมาณรังสีแก่ PTV ในผู้ป่วยมะเร็งต่อมลูกหมากให้ได้รับสูงขึ้นในขณะที่ OARs ได้รับปริมาณรังสีลดลง ส่งผลให้เกิดผลข้างเคียงจากการฉายรังสีในระหว่างและหลังการฉายรังสีลดลง ทำให้คุณภาพชีวิตผู้ป่วยดีขึ้น

คำสำคัญ: เทคนิคการฉายรังสีแบบสามมิติ เทคนิคการฉายรังสีแบบปรับความเข้ม มะเร็งต่อมลูกหมาก

**Comparison of Radiation Dose in Planning Target Volume and Organs
at Risk for Prostate Cancer Patients with Three–Dimensional Conformal
Radiotherapy and Intensity Modulated Radiation Therapy
in Sakon Nakhon hospital**

Phattanapong Saenchon M.Sc.*

Kiattisak Promsensa MD., Dip.Thai Board of Radiation Oncology*

Sarayut Kornsoapa M.Sc.*

Wimonmart Tong–Ngarm M.Sc.*

Abstract

This study aimed to compare the radiation dose in planning target volume (PTV) and organs at risk (OARs) in prostate cancer patients between the 3–dimensional conformal radiotherapy (3DCRT) technique and intensity–modulated radiotherapy (IMRT) technique. The sample was ten 3DCRT and ten IMRT radiation treatment plans from five high–risk prostate cancer patients. The radiotherapy treatment plans including 3DCRT technique and IMRT technique with total prescription dose between 76 and 78 Gy were created for each of five prostate cancer patients. Conformity index (CI) and dose volume parameters of PTV and OARs were compared between both techniques.

The results showed that the CIs of PTV from both techniques were between 0.99 and 1.48. The percentages of prescription dose covering 95% of PTV (D_{95}) from both techniques were equal or greater than 95. The volume of PTV receiving more than 110% of prescription dose (V_{110}) from 3DCRT technique was significantly greater than IMRT technique ($p < 0.001$). In all 3DCRT plans, the radiation doses received by OARs were exceeding the Radiation Therapy Oncology Group (RTOG)'s standards while they were within the limits for all IMRT plans.

The IMRT technique can escalate the radiation dose to PTV and reduce the radiation dose to OARs in prostate cancer patients which could decrease the risk of acute and late radiation toxicity, resulted in better quality of life for patients.

Keywords: 3–Dimensional conformal radiotherapy, Intensity modulated radiotherapy, Prostate cancer

* Radiotherapy unit, Department of Radiology, Sakon Nakhon hospital

บทนำ

รังสีรักษา (Radiation therapy) เป็นการใช้รังสีตรงเข้าทำลายสารพันธุกรรม (Deoxyribonucleic acid: DNA) ภายในเซลล์มะเร็งเพื่อหยุดยั้งการเจริญเติบโตและทำให้เซลล์มะเร็งตายไปในที่สุด¹ โรงพยาบาลสกลนครได้ทำการรักษาผู้ป่วยมะเร็งด้วยการฉายรังสีจากเครื่องเร่งอนุภาค (Linear accelerator: LINAC) โดยเครื่องมือดังกล่าวสามารถผลิตรังสีเอกซ์พลังงานสูงจำนวน 2 พลังงาน ประกอบด้วย 6 และ 10 เมกะโวลต์ และอนุภาคอิเล็กตรอน จำนวน 5 พลังงาน ประกอบด้วย 6, 9, 12, 15 และ 18 เมกะอิเล็กตรอนโวลต์ สำหรับเทคนิคการฉายรังสีที่ให้บริการประกอบด้วย เทคนิคการฉายรังสีแบบสามมิติ สำหรับการฉายรังสีที่ก้อนมะเร็งอยู่บริเวณผิว สำหรับเทคนิคการฉายรังสีสามมิติ (Three Dimensional Conformal Radiation Therapy: 3DCRT)² โดยอาศัยข้อมูลภาพเอกซเรย์ตัดขวางจากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษา ทำให้สามารถกำหนดขอบเขตและทิศทางของลำรังสีให้เป็นไปตามรูปร่างของก้อนมะเร็งได้ ส่งผลให้การฉายรังสีมีความถูกต้องแม่นยำขึ้น สำหรับเทคนิคการฉายรังสีแบบปรับความเข้ม (Intensity Modulated Radiation Therapy: IMRT)³ เป็นการฉายรังสีโดยใช้เทคโนโลยีขั้นสูงซึ่งได้รับการพัฒนาต่อยอดจากเทคนิคการฉายรังสีแบบสามมิติ โดยการฉายรังสีที่มีความเข้มแตกต่างกันในแต่ละลำรังสีและหลายทิศทาง ซึ่งอาศัยการคำนวณด้วยอัลกอริทึมทางคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อนในระบบคอมพิวเตอร์วางแผนการรักษา ให้อัตราการฉายรังสีรูปซี่ (Multileaf Collimator: MLC) เคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่าง ๆ ในการปรับความเข้มรังสี ทำให้สามารถเพิ่มปริมาณรังสีให้แก่ก้อนมะเร็งในขณะที่อวัยวะเสี่ยงได้รับปริมาณรังสีลดลงอย่างไรก็ตาม ข้อดีของการฉายรังสีด้วยเทคนิคแบบ 3DCRT คือใช้เวลาน้อยกว่าการฉายรังสีแบบ IMRT และการวางแผนการรักษาแบบ 3DCRT ไม่ยุ่งยากและซับซ้อนเหมือนการฉายรังสีแบบ IMRT

จากสถิติผู้ป่วยมะเร็งที่เข้ามารับการรักษาด้วยการฉายรังสีในปีงบประมาณ 2561 และ 2562 ที่หน่วยรังสี

รักษา โรงพยาบาลมะเร็งสกลนคร พบว่ามีจำนวน 468 และ 669 คน ตามลำดับ และในจำนวนนี้มีผู้ป่วยชายที่เป็นมะเร็งต่อมลูกหมากเข้ารับการฉายรังสีในปีงบประมาณ 2561 และ 2562 จำนวน 14 และ 23 ราย ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 63.63 และ 60.53 ของจำนวนผู้ป่วยมะเร็งระบบทางเดินปัสสาวะทั้งหมด การรักษาด้วยการฉายรังสีมีการประเมินผู้ป่วยมะเร็งต่อมลูกหมากก่อน โดยใช้เกณฑ์ประเมินความเสี่ยงของก้อนมะเร็งต่อมลูกหมากที่กำหนดโดย National Comprehensive Cancer Network (NCCN) risk group⁴ จำนวน 3 ระดับ ประกอบด้วย ความเสี่ยงต่ำ ความเสี่ยงปานกลาง และความเสี่ยงสูง โดยพิจารณาจากค่าแอนติเจนจำเพาะต่อมลูกหมาก (Prostate Specific Antigen: PSA) ซึ่งเป็นโปรตีนที่สร้างจากต่อมลูกหมาก มีหน้าที่ป้องกันการจับตัวเป็นก้อนของน้ำสุจิ มีหน่วยเป็นนาโนกรัมต่อมิลลิลิตร คำนวณตามความรุนแรงของมะเร็งที่เรียกว่า Gleason score⁵ ทดสอบโดยการนำชิ้นเนื้อของต่อมลูกหมากไปตรวจทางพยาธิวิทยาเพื่อใช้พิจารณาความรุนแรงของมะเร็งหรือ (Tumor Grading) และจำแนกระยะมะเร็งด้วยระบบ TNM อ้างอิงตามคณะกรรมการร่วมโรคมะเร็งแห่งสหรัฐอเมริกา (American Joint Committee on Cancer: AJCC staging)⁶ การให้บริการรักษาผู้ป่วยมะเร็งด้วยการฉายรังสีในหน่วยรังสีรักษา โรงพยาบาลสกลนคร ให้บริการด้วยเทคนิคการฉายรังสีแบบสามมิติ และแบบปรับความเข้มในการรักษาผู้ป่วยมะเร็งต่อมลูกหมาก แต่เทคนิคการฉายรังสีที่นิยมใช้ในการรักษาผู้ป่วยมะเร็งต่อมลูกหมากจะใช้เทคนิคการฉายรังสีแบบปรับความเข้มเชิงปริมาตร (Volumetric modulated arc therapy: VMAT) ด้วยข้อจำกัดที่เครื่องฉายรังสีในโรงพยาบาลสกลนครยังไม่สามารถให้บริการด้วยเทคนิคการฉายรังสีดังกล่าวได้ ดังนั้นในการศึกษานี้จึงทำการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณรังสีด้วยเทคนิคการฉายรังสีแบบสามมิติและแบบปรับความเข้มในการรักษาผู้ป่วยมะเร็งต่อมลูกหมากที่มีให้บริการในโรงพยาบาลสกลนคร เพื่อพิจารณาเทคนิคที่เหมาะสมกับผู้ป่วย เพื่อให้ผู้ป่วยได้รับประโยชน์สูงสุดและเป็นการ

ลดความเสี่ยงที่อาจเกิดภาวะแทรกซ้อนระหว่างและหลังการรักษาด้วยการฉายรังสีด้วย

วัตถุประสงค์

เพื่อเปรียบเทียบปริมาณรังสีในปริมาตรเป้าหมายของการวางแผนการรักษาและอวัยวะเสี่ยงในผู้ป่วยมะเร็งต่อมลูกหมากด้วยเทคนิคการฉายรังสีแบบสามมิติและปรับความเข้มในโรงพยาบาลสกนนคร

วิธีการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงพรรณากลุ่มตัวอย่างได้จากการสุ่มแบบง่ายด้วยการจับฉลากจากผู้ป่วยมะเร็งต่อมลูกหมากชนิดความเสี่ยงสูงโดยพบปัจจัยต่อไปนี้อย่างน้อยหนึ่งปัจจัย ประกอบด้วย แอนติเจนต่อมลูกหมาก (Prostate Specific Antigen: PSA) มากกว่า 20 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร หรือ Gleason score มากกว่าหรือเท่ากับ 8 หรือประเมินระยะอ้างอิงตาม AJCC staging⁶ เท่ากับ T2c หรือมากกว่า โดยทำการเปรียบเทียบค่าปริมาณรังสีด้วยเทคนิคการฉายรังสีแบบสามมิติ (3DCRT) และเทคนิคการฉายรังสีแบบปรับความเข้ม (IMRT) จำนวน 5 ราย อายุระหว่าง 53–70 ปี ระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม ถึง 30 กันยายน พ.ศ. 2562 ณ หน่วยรังสีรักษา กลุ่มงานรังสีวิทยา โรงพยาบาลสกนนคร

ข้อพิจารณาทางด้านจริยธรรม

งานวิจัยนี้ได้รับการอนุมัติให้ดำเนินการวิจัยจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โรงพยาบาลสกนนคร เลขที่อ้างอิง SKHREC 20/2563 ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยตามหลักจริยธรรมของการวิจัยโดยเคร่งครัด ไม่มีการเปิดเผยชื่อสกุล และเลขทะเบียนโรงพยาบาลของผู้ป่วยที่ผู้วิจัยนำมาศึกษา และนำเสนอผลการวิจัยในภาพรวมเท่านั้น

วิธีการศึกษามีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การจำลองการรักษา

ให้ผู้ป่วยถ่ายปัสสาวะออกให้หมด แล้วดื่มน้ำ 600 มิลลิลิตร รอเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นทำการจำลองการรักษาด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษา

ยี่ห้อ GE รุ่น Optima 580 (GE Healthcare, Waukesha, WI, USA) ชนิด 16 slice

2. การสร้างแผนการรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแบบ 3DCRT และ IMRT

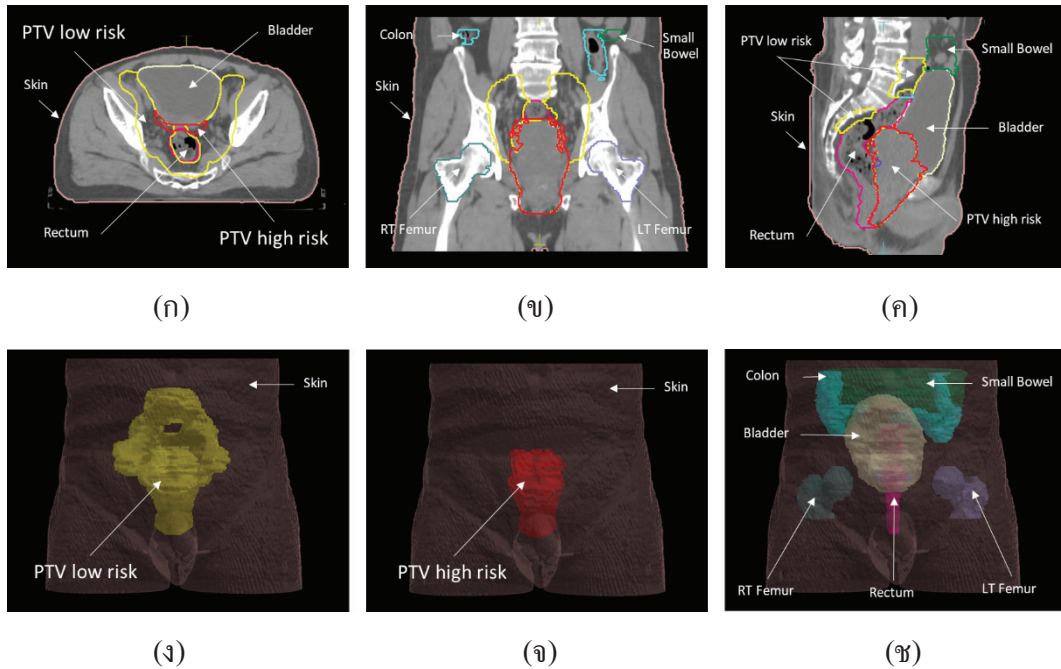
สำหรับการสร้างแผนการรักษาทำในโปรแกรมวางแผนการรักษา ยี่ห้อ Monaco รุ่น 5.11.02 (Elekta Oncology System, Crawley, UK) โดยนำข้อมูลภาพเอกซเรย์ตัดขวางของผู้ป่วยที่ได้จากการจำลองการรักษาโดยแพทย์รังสีรักษาทำการวาดขอบเขตของปริมาตรเป้าหมายของการวางแผนการรักษา (PTV) จำนวน 2 ชนิด ประกอบด้วยปริมาตรเป้าหมายของการวางแผนการรักษาชนิดความเสี่ยงต่ำ (PTV low risk) และปริมาตรเป้าหมายของการวางแผนการรักษาชนิดความเสี่ยงสูง (PTV high risk) สำหรับ OARs ประกอบด้วย กระเพาะปัสสาวะ (bladder) ลำไส้ตรง (rectum) ลำไส้ใหญ่และลำไส้เล็ก (bowel bag) และ ส่วนหัวของกระดูกต้นขา (head of femur)⁷ ตัวอย่างปริมาตรของ PTV และ OARs บนภาพเอกซเรย์ตัดขวางของผู้ป่วยมะเร็งต่อมลูกหมาก แสดงดังรูปที่ 1

การวางแผนการรักษาผู้ป่วยมะเร็งต่อมลูกหมากด้วยเทคนิคการฉายรังสีแบบ 3DCRT และเทคนิคการฉายรังสีแบบ ในผู้ป่วยจำนวน 5 ราย โดยให้ความสำคัญกับปริมาณรังสีที่ PTV ได้รับตามแพทย์รังสีรักษากำหนด (prescription dose) เป็นหลัก เพื่อนำมาใช้พิจารณาถึงค่าปริมาณรังสีที่ OARs ได้รับในแต่ละเทคนิคการฉายรังสี โดยผู้ป่วยแต่ละรายถูกแบ่งแผนการรักษาก่อเป็น 2 ระยะ ประกอบด้วยแผนการรักษาระยะที่ 1 กำหนด prescription dose สำหรับ PTV low risk ให้ได้รับมีค่าอยู่ระหว่าง 45 ถึง 54 เกรย์ และแผนการรักษาระยะที่ 2 กำหนด prescription dose สำหรับ PTV high risk ให้ได้รับมีค่าอยู่ระหว่าง 22 ถึง 33 เกรย์ ซึ่ง prescription dose รวมทั้ง 2 ระยะทำให้ PTV high risk ได้รับปริมาณรังสีอยู่ที่อยู่ระหว่าง 76 ถึง 78 เกรย์ โดยกำหนดทิศทางทางเข้าของลำรังสีในเทคนิคการฉายรังสีแบบ 3DCRT โดยใช้รังสีเอกซ์พลังงาน 10 เมกะโวลต์ ด้วยลำรังสี 4 ทิศทาง ประกอบด้วยมุมของลำรังสี

0, 90, 180 และ 270 องศาตามลำดับและ IMRT โดยใช้รังสีเอกซ์พลังงาน 6 เมกะโวลต์ และใช้ลำรังสี 7 ทิศทางด้วยมุมของลำรังสี 0, 51, 102, 153, 204, 255, และ 306 องศาตามลำดับ รวมจำนวนแผนการรักษา

ทั้งสิ้น 20 แผน การประเมินค่าปริมาณรังสีที่ PTV และ OARs ได้รับใช้เกณฑ์ของ Radiation Therapy Oncology Group (RTOG)⁸

รูปที่ 1 แสดงขอบเขตของ PTV และ OARs บนภาพเอกซเรย์ตัดขวางของผู้ป่วยมะเร็งต่อมลูกหมากในแนว (ก) ระนาบบนล่าง (axial) (ข) ระนาบหน้าหลัง (coronal) (ค) ระนาบซ้ายขวา (sagittal) และภาพสามมิติของ (ง) PTV low risk (จ) PTV high risk (ช) อวัยวะเสี่ยง



3. การประเมินแผนการรักษา

สำหรับแผนการรักษาของผู้ป่วยจำนวน 20 แผน จะถูกนำมาประเมินด้วยพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

1. ค่าดัชนีความเข้ารูป (Conformity index: CI)⁹ คือ ค่าความใกล้เคียงของเส้นแสดงการกระจายปริมาณรังสีกับรูปร่างของ PTV โดยค่าดัชนีความเข้ารูปที่ดีควรมีค่าเท่ากับ 1 หรือเข้าใกล้ 1 มากที่สุด ซึ่งสามารถนำมาใช้ในประเมินประสิทธิภาพของแผนรังสีรักษาในเทคนิคการฉายรังสีที่แตกต่างกันได้ สำหรับค่า CI คำนวณได้จากสมการ 1

$$\text{Conformity Index}_{\text{RTOG}} = \frac{V_{\text{RI}}}{\text{TV}}$$

เมื่อ V_{RI} คือ ปริมาตรทั้งหมดที่ครอบคลุมด้วยเส้นปริมาณรังสีที่กำหนด (Volume of reference isodose)

TV คือ ปริมาตรของอวัยวะเป้าหมายที่สนใจ (Target volume)

2. ค่าพารามิเตอร์ปริมาณรังสีเชิงปริมาตร (Dose volume parameters)¹⁰ ใช้สำหรับประเมินปริมาณรังสีที่ปริมาตรของ PTV และ OARs ซึ่งข้อมูลดังกล่าวแสดงได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของเนื้อเยื่อปกติหรือก้อนมะเร็งกับปริมาณรังสีที่เนื้อเยื่อนั้นๆ ได้รับ (Dose Volume Histogram: DVH) สำหรับค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการประเมินแบ่งออกเป็น

2.1 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการประเมิน PTV ประกอบด้วยค่า D_{100} , D_{95} และ D_{90} คือ ค่าปริมาณรังสีที่ต่ำสุดที่ครอบคลุม 100%, 95% และ 90 % ของปริมาตร PTV ตามลำดับ และยังมีการประเมินด้วยค่า D_{max} , D_{min} , D_{mean} ซึ่งหมายถึง ค่าปริมาณรังสีมากที่สุด

ต่ำที่สุดและค่าเฉลี่ยที่ปริมาตรของ PTV ได้รับ สำหรับค่า V_{110} , V_{95} และ V_{93} คือ ปริมาตรของ PTV ที่ได้รับปริมาณรังสี 110 %, 95% และ 93% ของ prescription dose ตามลำดับ โดย V_{110} และ V_{93} แสดงถึงปริมาตรของ PTV ที่ได้รับปริมาณรังสีสูง (Hot spot) และปริมาณรังสีต่ำ (Cold spot) จาก prescription dose

2.2 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการประเมิน OARs ประกอบด้วยค่า D_{70} , D_{50} , D_{15} และ D_{10} คือ ค่าปริมาณรังสีที่ต่ำสุดที่ครอบคลุม 70 %, 50%, 15% และ 10% ของปริมาตร OAR ได้รับ ตามลำดับ

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

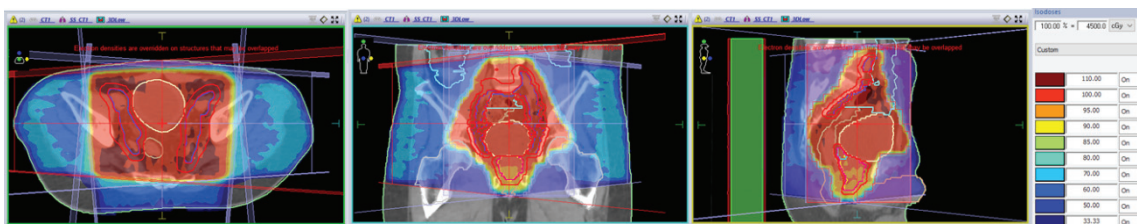
วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติความถี่ ร้อยละ และเปรียบเทียบปริมาณรังสีในปริมาตรเป้าหมายด้วยสถิติ student t-test กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

ผลการวิจัย

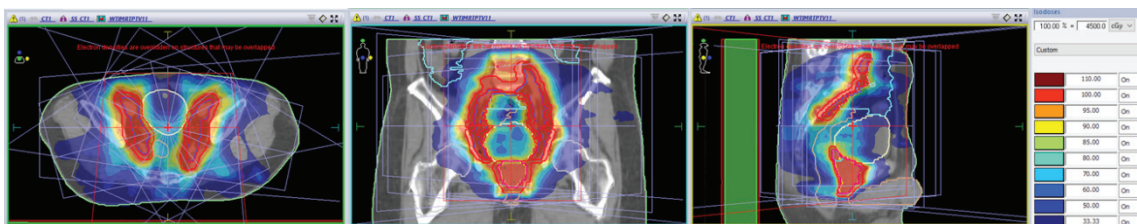
ผลการประเมินค่าปริมาณรังสีของ PTV low risk ของผู้ป่วยมะเร็งต่อมลูกหมากจากเทคนิคการฉายรังสีแบบ 3DCRT และ IMRT จำนวน 5 ราย พบว่ามีค่า CI อยู่ระหว่าง 1.06 ถึง 1.48 สำหรับค่า D_{95} ของผู้ป่วยทั้ง 5 ราย มีค่าเท่ากับ 54, 45, 45, 45 และ 54 เกรย์

ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเท่ากับ prescription dose ที่แพทย์กำหนด สำหรับค่า V_{110} ในเทคนิคการฉายรังสีแบบ 3DCRT มีค่าเท่ากับร้อยละ 78.71, 17.36, 14.70, 9.70 และ 34.80 ตามลำดับ และเทคนิคการฉายรังสีแบบ IMRT มีค่าเท่ากับร้อยละ 0.38, 0.08, 0.22, 3.18 และ 0.73 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.001$ สำหรับค่า V_{93} ในเทคนิคการฉายรังสีแบบ 3DCRT มีค่าเท่ากับร้อยละ 98.3, 100, 99.98, 99.91 และ 100.00 ตามลำดับ และเทคนิคการฉายรังสีแบบ IMRT มีค่าเท่ากับร้อยละ 99.47, 99.89, 99.83, 99.69 และ 98.51ตามลำดับ ตัวอย่างรูปแบบการกระจายปริมาณรังสีใน PTV low risk และ OARs จากแผนการรักษาในระยะที่ 1 ในเทคนิคการฉายรังสีแบบ 3DCRT และ IMRT แสดงดังรูปที่ 2 (ก) และ (ข) ตามลำดับ โดยแถบสีที่ปรากฏบนภาพเอกซเรย์ตัดขวางแสดงถึงปริมาณรังสีที่เนื้อเยื่อในบริเวณนั้นได้รับ ยกตัวอย่างเช่น สีแดงและสีน้ำตาลเข้มแสดงค่าปริมาณรังสีที่เนื้อเยื่อได้รับร้อยละ 100 และ 110 ของ prescription dose เป็นต้น สำหรับรายละเอียดการประเมินค่าพารามิเตอร์ปริมาณรังสีเชิงปริมาตรใน PTV low risk แสดงดังตารางที่ 1

รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างการกระจายปริมาณรังสีใน PTV low risk และ OARs จากแผนการรักษาในระยะที่ 1 ในเทคนิคการฉายรังสีแบบ (ก) 3DCRT และ (ข) IMRT



(ก)



(ข)

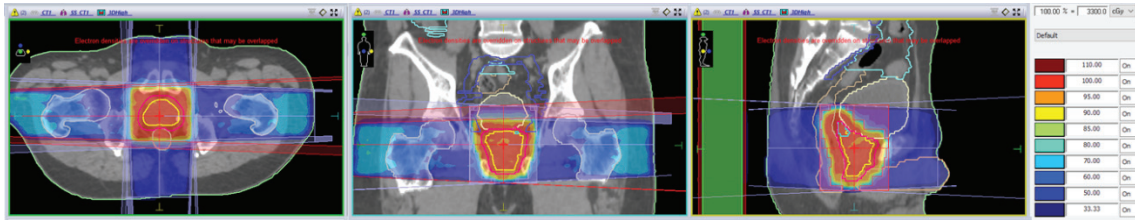
ตารางที่ 1 แสดงผลการประเมินค่าพารามิเตอร์ปริมาณรังสีเชิงปริมาณใน PTV low risk ของผู้ป่วยมะเร็งต่อมลูกหมาก จำนวน 5 ราย ในเทคนิคการฉายรังสีแบบ 3DCRT และ IMRT

PTV low risk	ผู้ป่วยรายที่ 1		ผู้ป่วยรายที่ 2		ผู้ป่วยรายที่ 3		ผู้ป่วยรายที่ 4		ผู้ป่วยรายที่ 5	
	3DCRT	IMRT	3DCRT	IMRT	3DCRT	IMRT	3DCRT	IMRT	3DCRT	IMRT
CI	1.95	1.06	1.48	1.14	1.72	1.13	1.30	1.15	1.87	1.09
D _{max} (Gy)	69.91	61.05	55.18	49.73	52.41	50.96	49.78	53.71	65.02	62.49
D _{min} (Gy)	53.06	50.93	44.10	44.26	43.92	44.16	44.13	43.75	50.79	52.91
D _{mean} (Gy)	61.10	56.45	47.99	35.46	48.01	46.85	45.72	47.20	58.37	56.07
D ₁₀₀ (Gy)	31.79	40.40	41.30	39.31	41.12	35.10	40.50	34.99	49.93	40.15
D ₉₅ (Gy)	54.00	54.21	45.00	45.01	45.00	45.00	45.00	45.07	54.00	54.84
D ₉₀ (Gy)	56.60	54.93	45.66	45.54	45.85	45.59	45.70	45.73	55.26	54.05
V ₁₁₀ (%)	78.71	0.38	17.36	0.08	14.70	0.22	9.70	3.18	34.80	0.73
V ₉₅ (%)	97.65	99.13	99.89	99.66	99.76	99.60	99.50	99.26	99.94	97.65
V ₉₃ (%)	98.31	99.47	100.00	99.89	99.98	99.83	99.91	99.69	100.00	98.51

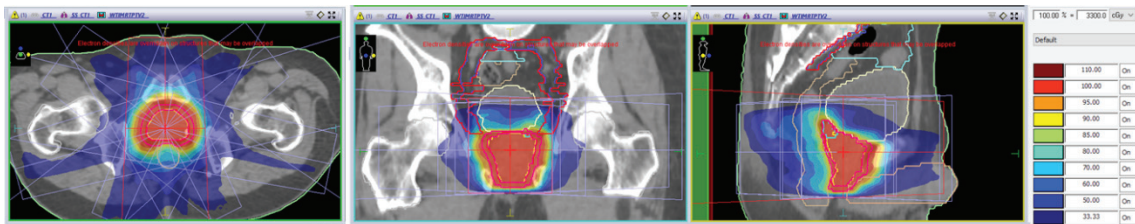
ผลการประเมินค่าปริมาณรังสีของ PTV high risk ของผู้ป่วยมะเร็งต่อมลูกหมากจากเทคนิคการฉายรังสีแบบ 3DCRT และ IMRT จำนวน 5 ราย พบว่ามีค่า CI อยู่ระหว่าง 0.99 ถึง 1.44 สำหรับค่า D₉₅ ของผู้ป่วยทั้ง 5 ราย มีค่าเท่ากับ 24, 33, 33, 31 และ 22 เกรย์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเท่ากับ prescription dose ที่แพทย์กำหนด สำหรับค่า V₁₁₀ ในเทคนิคการฉายรังสีแบบ 3DCRT มีค่าเท่ากับร้อยละ 76.15, 12.10, 9.71, 5.52 และ 7.17 ตามลำดับ และเทคนิคการฉายรังสีแบบ IMRT มีค่าเท่ากับร้อยละ 0.61, 0.00, 0.00, 0.17 และ 0.70 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าค่า V₁₁₀ มีแตกต่างกันอย่าง

มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) สำหรับค่า V₉₃ ในเทคนิคการฉายรังสีแบบ 3DCRT มีค่าเท่ากับร้อยละ 98.81, 100, 100, 100 และ 100.00 ตามลำดับ และเทคนิคการฉายรังสีแบบ IMRT มีค่าเท่ากับร้อยละ 99.63, 99.91, 99.99, 99.91 และ 99.86 ตามลำดับ สำหรับตัวอย่างรูปแบบการกระจายปริมาณรังสีใน PTV high risk และ OARs จากแผนการรักษาในระยะที่ 2 ในเทคนิคการฉายรังสีแบบ 3DCRT และ IMRT แสดงดังรูปที่ 3 (ก) และ (ข) ตามลำดับ และรายละเอียดการประเมินค่าพารามิเตอร์ปริมาณรังสีเชิงปริมาณใน PTV high risk แสดงดังตารางที่ 2

รูปที่ 3 แสดงตัวอย่างการกระจายปริมาณรังสีใน PTV high risk และ OARs จากแผนการรักษาในระยะที่ 2 ในเทคนิคการฉายรังสีแบบ (ก) 3DCRT และ (ข) IMRT



(ก)



(ข)

ตารางที่ 2 แสดงผลการประเมินค่าพารามิเตอร์ปริมาณรังสีเชิงปริมาตรใน PTV high risk ของผู้ป่วยมะเร็งต่อมลูกหมาก จำนวน 5 ราย ในเทคนิคการฉายรังสีแบบ 3DCRT และ IMRT

PTV high risk	ผู้ป่วยรายที่ 1		ผู้ป่วยรายที่ 2		ผู้ป่วยรายที่ 3		ผู้ป่วยรายที่ 4		ผู้ป่วยรายที่ 5	
	3DCRT	IMRT	3DCRT	IMRT	3DCRT	IMRT	3DCRT	IMRT	3DCRT	IMRT
CI	1.40	1.12	1.44	1.13	1.13	1.03	0.99	0.99	1.32	1.03
D _{max} (Gy)	31.85	30.02	36.31	36.18	36.33	36.37	33.93	34.91	24.39	24.95
D _{min} (Gy)	21.84	21.63	32.19	32.75	32.67	32.66	30.73	30.59	21.27	18.93
D _{mean} (Gy)	29.11	25.23	33.85	34.34	33.97	34.31	31.89	32.36	22.59	22.86
D ₁₀₀ (Gy)	16.77	17.72	31.58	29.10	31.15	30.18	29.68	26.47	21.27	18.93
D ₉₅ (Gy)	26.01	24.01	33.00	33.04	33.00	33.25	31.03	31.15	21.99	22.00
D ₉₀ (Gy)	27.14	24.26	33.19	33.58	33.22	33.71	31.28	31.57	22.11	22.23
V ₁₁₀ (%)	76.15	0.61	12.10	0.00	9.71	0.00	5.52	0.17	7.71	0.00
V ₉₅ (%)	98.14	99.36	100.00	99.56	99.99	99.85	100.00	99.73	100.00	99.64
V ₉₃ (%)	98.81	99.63	100.00	99.91	100.00	99.99	100.00	99.91	100.00	99.86

ผลการประเมินค่าปริมาณรังสีของกระเพาะปัสสาวะตามเกณฑ์ความปลอดภัยของ (RTOG)8 โดยพิจารณาจากค่า D70, D50, และ D15 ซึ่งกำหนดให้ปริมาณของกระเพาะปัสสาวะร้อยละ 70, 50 และ 15 ได้รับปริมาณรังสีไม่เกิน 40, 55 และ 70 เกรย์ตามลำดับ ซึ่งผลการประเมินแผนการรักษาในเทคนิคการฉายรังสีแบบ 3DCRT มีปริมาณได้รับปริมาณรังสีเกินเกณฑ์ความปลอดภัยทุกแผนการรักษา และผลการประเมิน

แผนการรักษาในเทคนิคการฉายรังสีแบบ IMRT กระเพาะปัสสาวะได้รับปริมาณรังสีผ่านเกณฑ์ความปลอดภัยทุกแผนการรักษา พบว่าค่าปริมาณรังสีระหว่าง 2 แผนการรักษาในกระเพาะปัสสาวะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สำหรับรายละเอียดการประเมินค่าพารามิเตอร์ปริมาณรังสีเชิงปริมาณในกระเพาะปัสสาวะ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงผลการประเมินค่าพารามิเตอร์ปริมาณรังสีเชิงปริมาณในกระเพาะปัสสาวะของผู้ป่วยมะเร็งต่อมลูกหมาก จำนวน 5 ราย ในเทคนิคการฉายรังสีแบบ 3DCRT และ IMRT

Bladder	ผู้ป่วยรายที่ 1		ผู้ป่วยรายที่ 2		ผู้ป่วยรายที่ 3		ผู้ป่วยรายที่ 4		ผู้ป่วยรายที่ 5	
	3DCRT	IMRT	3DCRT	IMRT	3DCRT	IMRT	3DCRT	IMRT	3DCRT	IMRT
D ₇₀ (Gy)	40.05	27.52	54.98	36.10	52.37	31.33	63.13	38.56	68.89	38.52
D ₅₀ (Gy)	63.52	38.45	66.48	41.84	63.45	38.15	66.42	44.86	70.42	51.03
D ₁₅ (Gy)	83.77	68.31	79.32	63.34	72.57	54.98	78.16	63.43	78.13	69.90

ผลการประเมินค่าปริมาณรังสีของลำไส้ตรงตามเกณฑ์ความปลอดภัยของ (RTOG) โดยพิจารณาจากค่า D70, D50, และ D15 ซึ่งกำหนดให้ปริมาณของลำไส้ตรงร้อยละ 70, 50 และ 15 ได้รับปริมาณรังสีไม่เกิน 40, 50 และ 65 เกรย์ ตามลำดับ ซึ่งผลการประเมินจากแผนการรักษาในเทคนิคการฉายรังสีแบบ 3DCRT มีปริมาณได้รับปริมาณรังสีเกินเกณฑ์ความปลอดภัยทุกแผนการรักษา สำหรับผลการประเมินจากแผนการ

รักษาในเทคนิคการฉายรังสีแบบ IMRT มีปริมาณได้รับปริมาณรังสีผ่านเกณฑ์ความปลอดภัยทุกแผนการรักษา พบว่าค่าปริมาณรังสีระหว่าง 2 แผนการรักษาในลำไส้ตรงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p - value < 0.05$ สำหรับรายละเอียดการประเมินค่าพารามิเตอร์ปริมาณรังสีเชิงปริมาณในลำไส้ตรง แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงผลการประเมินค่าพารามิเตอร์ปริมาณรังสีเชิงปริมาณในลำไส้ตรงของผู้ป่วยมะเร็งต่อมลูกหมาก จำนวน 5 ราย ในเทคนิคการฉายรังสีแบบ 3DCRT และ IMRT

Rectum	ผู้ป่วยรายที่ 1		ผู้ป่วยรายที่ 2		ผู้ป่วยรายที่ 3		ผู้ป่วยรายที่ 4		ผู้ป่วยรายที่ 5	
	3DCRT	IMRT	3DCRT	IMRT	3DCRT	IMRT	3DCRT	IMRT	3DCRT	IMRT
D ₇₀ (Gy)	65.79	29.35	48.99	33.06	50.09	37.19	52.56	38.39	72.13	35.75
D ₅₀ (Gy)	73.07	43.27	50.99	39.57	51.54	42.26	68.26	44.77	76.40	40.63
D ₁₅ (Gy)	81.79	62.10	65.07	48.28	77.81	62.06	78.50	61.50	81.16	57.33

การประเมินจากแผนการรักษาในเทคนิคการฉายรังสีแบบ 3DCRT ได้รับปริมาณรังสีเกินเกณฑ์ 4 แผนการรักษา และได้รับปริมาณรังสีอยู่ในเกณฑ์ 1 แผนการรักษา สำหรับผลการประเมินจากแผนการรักษาในเทคนิคการฉายรังสีแบบ IMRT มีปริมาตรได้รับปริมาณรังสีผ่านเกณฑ์ความปลอดภัยทุกแผนการรักษา และพบว่าค่า

ปริมาณรังสีระหว่าง 2 แผนการรักษาในลำไส้ใหญ่และลำไส้เล็ก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p\text{-value} < 0.05$ รายละเอียดการประเมินค่าพารามิเตอร์ปริมาณรังสีเชิงปริมาตรในลำไส้ใหญ่และลำไส้เล็ก (bowel bag) แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงผลการประเมินค่าพารามิเตอร์ปริมาณรังสีเชิงปริมาตรในลำไส้ใหญ่และลำไส้เล็ก (bowel bag) ของผู้ป่วยมะเร็งต่อมลูกหมาก จำนวน 5 ราย ในเทคนิคการฉายรังสีแบบ 3DCRT และ IMRT

Bowel bag	ผู้ป่วยรายที่ 1		ผู้ป่วยรายที่ 2		ผู้ป่วยรายที่ 3		ผู้ป่วยรายที่ 4		ผู้ป่วยรายที่ 5	
	3DCRT	IMRT	3DCRT	IMRT	3DCRT	IMRT	3DCRT	IMRT	3DCRT	IMRT
D_{10} (Gy)	37.20	37.06	49.23	40.81	49.82	38.01	49.01	40.63	60.95	44.77

ผลการประเมินค่าปริมาณรังสีของส่วนหัวของกระดูกต้นขาข้างขวาและซ้ายตามเกณฑ์ความปลอดภัยของ (RTOG) โดยพิจารณาจากค่า D_{50} และ D_{10} ซึ่งกำหนดให้ปริมาตรของลำไส้ตรงร้อยละ 50 และ 10 ได้รับปริมาณรังสีไม่เกิน 25 และ 50 เกรย์ ตามลำดับ ซึ่งผลการประเมินจากแผนการรักษาในเทคนิคการฉายรังสีแบบ 3DCRT ได้รับปริมาณรังสีเกินเกณฑ์ความปลอดภัยทุกแผนการรักษา สำหรับผลการประเมินจาก

แผนการรักษาในเทคนิคการฉายรังสีแบบ IMRT มีปริมาตรได้รับปริมาณรังสีผ่านเกณฑ์ความปลอดภัยทุกแผนการรักษา พบว่าค่าปริมาณรังสีระหว่าง 2 แผนการรักษาในส่วนของกระดูกต้นขาข้างขวาและซ้ายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p\text{-value} < 0.05$ สำหรับรายละเอียดการประเมินค่าพารามิเตอร์ปริมาณรังสีเชิงปริมาตรในส่วนหัวของกระดูกต้นขาข้างขวาและซ้าย แสดงดังตารางที่ 6 และ 7 ตามลำดับ

ตารางที่ 6 แสดงผลการประเมินค่าพารามิเตอร์ปริมาณรังสีเชิงปริมาตรในส่วนหัวของกระดูกต้นขาข้างขวาของผู้ป่วยมะเร็งต่อมลูกหมาก จำนวน 5 ราย ในเทคนิคการฉายรังสีแบบ 3DCRT และ IMRT

Femoral head (RT)	ผู้ป่วยรายที่ 1		ผู้ป่วยรายที่ 2		ผู้ป่วยรายที่ 3		ผู้ป่วยรายที่ 4		ผู้ป่วยรายที่ 5	
	3DCRT	IMRT	3DCRT	IMRT	3DCRT	IMRT	3DCRT	IMRT	3DCRT	IMRT
D_{50} (Gy)	50.41	21.19	49.78	24.26	46.86	21.30	47.53	24.20	48.25	19.53
D_{10} (Gy)	55.663	41.48	57.58	37.35	52.03	48.98	60.10	46.69	54.14	38.31

ตารางที่ 7 แสดงผลการประเมินค่าพารามิเตอร์ปริมาณรังสีเชิงปริมาตรในส่วนหัวของกระดูกต้นขาข้างซ้ายของผู้ป่วยมะเร็งต่อมลูกหมาก จำนวน 5 ราย ในเทคนิคการฉายรังสีแบบ 3DCRT และ IMRT

Femoral head (LT)	ผู้ป่วยรายที่ 1		ผู้ป่วยรายที่ 2		ผู้ป่วยรายที่ 3		ผู้ป่วยรายที่ 4		ผู้ป่วยรายที่ 5	
	3DCRT	IMRT	3DCRT	IMRT	3DCRT	IMRT	3DCRT	IMRT	3DCRT	IMRT
D_{50} (Gy)	52.14	22.89	47.96	23.91	47.41	13.45	47.02	24.01	46.20	20.45
D_{10} (Gy)	56.51	40.62	58.83	39.56	52.69	31.76	54.17	46.24	51.26	36.52

วิจารณ์และสรุป

จากการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณรังสีในปริมาตรเป้าหมายของการวางแผนการรักษาและอวัยวะเสี่ยงในผู้ป่วยมะเร็งต่อมลูกหมากด้วยเทคนิคการฉายรังสีแบบสามมิติและปรับความเข้มในโรงพยาบาลสกลนคร พบว่าการวางแผนการรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแบบ 3DCRT และ IMRT สามารถให้ปริมาณรังสีได้ครอบคลุมปริมาตรเป้าหมายของการวางแผนการรักษาตามที่แพทย์รังสีรักษากำหนดในทุกแผนการรักษา เมื่อพิจารณาการค่า V110 ซึ่งแสดงถึงปริมาตรของ PTV ที่ได้รับปริมาณรังสีสูง (Hot spot) พบว่าแผนการรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแบบ 3DCRT มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานในขณะที่การวางแผนการรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแบบ IMRT มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งค่า V110 จากแผนการรักษาทั้ง 2 เทคนิคมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ค่า $p\text{-value} < 0.001$ เมื่อพิจารณาถึงปริมาณรังสีที่อวัยวะเสี่ยงได้รับในการวางแผนการรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแบบ 3DCRT พบว่าอวัยวะเสี่ยงได้รับปริมาณรังสีสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนดในขณะที่การวางแผนการรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแบบ IMRT ค่าปริมาณรังสีที่อวัยวะเสี่ยงได้รับผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ซึ่งค่าปริมาณรังสีที่อวัยวะเสี่ยงได้รับจากทั้งสองแผนการรักษามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bhardwaj และคณะ² ได้ศึกษาเปรียบเทียบเทคนิคการฉายรังสีผู้ป่วยมะเร็งต่อมลูก

หมากแบบสามมิติและแบบปรับความเข้มพบว่าการฉายรังสีแบบปรับความเข้มสามารถลดปริมาณรังสีในอวัยวะเสี่ยงได้ดีกว่าแบบสามมิติและลดภาวะแทรกซ้อนที่เกิดขึ้นหลังจากการฉายรังสีด้วย และงานวิจัยของ Gary Luxton และคณะ¹ พบว่าการฉายรังสีด้วยเทคนิค IMRT สามารถลดปริมาณรังสีให้อวัยวะเสี่ยงได้ดีกว่าเทคนิค 3 DCRT เนื่องจากสามารถลดขอบเขตของ PTV ได้มากกว่าและลดความเสี่ยงและผลข้างเคียงที่เกิดจากการฉายรังสีได้ในขณะที่ก้อนมะเร็งได้รับปริมาณรังสีที่สูงขึ้น แสดงให้เห็นว่าเทคนิคการฉายรังสีแบบ IMRT สามารถนำมาใช้เพิ่มปริมาณรังสีให้แก่ปริมาตรเป้าหมายของการวางแผนการรักษาในผู้ป่วยมะเร็งต่อมลูกหมากให้ได้รับสูงขึ้นในขณะที่อวัยวะเสี่ยงได้รับปริมาณรังสีลดลง ส่งผลให้โอกาสการเกิดผลข้างเคียงจากการฉายรังสีในระหว่างและหลังการฉายรังสีลดลง ทำให้คุณภาพชีวิตของผู้ป่วยดีขึ้น แต่การฉายรังสีด้วยเทคนิค IMRT จะใช้เวลาในการฉายรังสีนานกว่าการฉายรังสีด้วยเทคนิคแบบ 3DCRT ผู้ป่วยต้องนอนนิ่งเป็นเวลานานได้จึงจะให้ประโยชน์สูงสุดในการรักษาด้วยการฉายรังสีและการฉายรังสีด้วยเทคนิคแบบ IMRT จะใช้การวางแผนการรักษาที่ยุ่งยากและซับซ้อนทำให้ใช้เวลาในการวางแผนการรักษาที่นานกว่า รวมถึงจำเป็นต้องมีการวัดปริมาณรังสีเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแผนการรักษาก่อนการฉายรังสีอีกด้วย ดังนั้นการเลือกใช้แผนการรักษาจึงต้องคำนึงถึงความเหมาะสมกับผู้ป่วยมะเร็งต่อมลูกหมากแต่ละรายด้วย

เอกสารอ้างอิง

1. Borrego-Soto G, Ortiz-López R, Rojas-Martínez A. Ionizing radiation-induced-DNA injury and damage detection in patients with breast cancer. *Genet Mol Biol* 2015;38(4):420-32.
2. Bhardwaj A, Kehwar T, Chakarvarti P, Oinam A, Sharma S. 3-Dimensional conformal radiotherapy versus intensity modulated radiotherapy for localized prostate cancer: Dosimetric and radiobiologic analysis. *Iran J Radiat Res* 2007;5(1):1-8.
3. Taylor A, Powell M. Intensity-modulated radiotherapy – What is it? *Cancer imaging: the official publication of the International. Cancer Imaging Society* 2004;4:68-73.

4. Saad A, Goldstein J, Lawrence Y, Spieler B, Leibowitz–Amit R, Berger R, et al. Classifying high–risk versus very high–risk prostate cancer: Is it relevant to outcomes of conformal radiotherapy and androgen deprivation?. *Radiation Oncology*. 2017;12(1):1–8.
5. Arias–Stella J, Shah A, Montoya–Cerrillo D, Williamson S, Gupta N. Prostate biopsy and radical prostatectomy gleason score correlation in heterogenous tumors: Proposal for a composite Gleason score. *Am J Surg Pathol* 2015;39(9):1213–8.
6. Amin MB, Edge S, Greene F, Byrd DR, Brookland RK, Washington MK, Gershenwald JE, Compton CC, Hess KR, et al. (Eds.). *AJCC Cancer Staging Manual* (8th edition). New York: Springer; 2017.
7. Newhauser W. ICRU Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy. International Commissions on Radiation Units and Measurements (Supplement to ICRU Report 50): Bethesda, MD, USA. Report 62. *Radiat Prot Dosim* 2009;133(1):60–2.
8. Michalski J, Lawton C, El Naqa I, Ritter M, O'Meara E, Seider M, et al. Development of RTOG consensus guidelines for the definition of the clinical target volume for postoperative conformal radiation therapy for prostate cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2009;76:361–8.
9. Feuvret L, Noël G, Mazeron J–J, Pierre B. Conformity index: A review. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2006;64(2):333–42.
10. Jang S, Pyakuryal A, Myint K, Mittal B, Gopalakrishnan M, Curran B, et al. SU–GG–T–379: Dose Volume Histogram (DVH) Analysis software for radiation therapy research. *Medical Physics – med phys* 2008;35(6).
11. ___ Luxton G, Hancock S, Boyer A. Dosimetry and radiobiologic model comparison of IMRT and 3D conformal radiotherapy in treatment of carcinoma of the prostate. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2004;59(1):267–84.