

นิพนธ์ต้นฉบับ

Original Articles

ค่าความคลาดเคลื่อนในการจัดตำแหน่ง สำหรับการฉายรังสีผู้ป่วยมะเร็งศีรษะ
และลำคอ โดยใช้เทคนิคการฉายรังสีแบบปรับความเข้มในโรงพยาบาลสุรินทร์
Setup Uncertainties of Head and Neck Cancer Patients Treated by
Intensity Modulated Radiotherapy (IMRT) in Surin Hospital

อภิศักดิ์ จุ้ยเยี่ยม, พ.บ.*

Apisak Jujui-eam, M.D.*

*หน่วยงานรังสีรักษา กลุ่มงานรังสีวิทยา โรงพยาบาลสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ ประเทศไทย 32000

*Division of Radiation Therapy, Department of Radiology, Surin Hospital, Surin Province, Thailand, 32000

Corresponding author, E-mail address: apisak.juj@gmail.com

Received: 26 Nov 2023 Revised: 08 Jan 2024 Accepted: 01 Mar 2024

บทคัดย่อ

- หลักการและเหตุผล** : ค่าความคลาดเคลื่อนในการจัดท่าผู้ป่วยในแต่ละครั้งส่งผลกระทบต่อความเที่ยงตรงในการฉายรังสีแบบปรับความเข้ม (IMRT) และเป็นเทคนิคมาตรฐานในการฉายรังสีในผู้ป่วยมะเร็งศีรษะและลำคอ
- วัตถุประสงค์** : การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์และประเมินค่าความคลาดเคลื่อนในการจัดตำแหน่งและขอบเขตการวางแผนการรักษา (PTV) ในการรักษาผู้ป่วยมะเร็งศีรษะและลำคอ ได้รับการฉายรังสีด้วยเทคนิค IMRT
- วิธีการศึกษา** : เก็บข้อมูลความคลาดเคลื่อนในการจัดท่าจากการถ่ายภาพในแนวระนาบ 2 มิติ (KV-image) และภาพปริมาตร 3 มิติ (CBCT) ของผู้ป่วยมะเร็งศีรษะและลำคอ ได้รับการฉายรังสีด้วยเทคนิค IMRT ด้วยเครื่อง Elekta Harmony Pro ตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม พ.ศ.2565 ถึงวันที่ 30 มิถุนายน พ.ศ.2566 ประเมินหาความคลาดเคลื่อนใน 3 ด้านในแนว lateral, longitudinal และ vertical จากนั้นนำข้อมูลค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้ไปคำนวณหาค่า systematic errors, random errors และ PTV
- ผลการศึกษา** : ผู้ป่วยที่เข้าเกณฑ์ศึกษาทั้งสิ้น 74 ราย 2,410 ภาพถ่าย (CBCT 666 ภาพ และ KV-image 1,744 ภาพ) พบว่า ในแนว lateral, longitudinal และ vertical ค่า systematic errors เท่ากับ 0.071 cm, 0.061 cm และ 0.059 cm ตามลำดับ ค่า random errors เท่ากับ 0.11 cm 0.10 cm, และ 0.10 cm ตามลำดับ ค่า PTV โดยวิธีของ van Herk เท่ากับ 0.26 cm, 0.22 cm และ 0.21 ตามลำดับ
- สรุป** : ค่า PTV มีค่าน้อยกว่า 0.5 cm ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมในการฉายรังสีผู้ป่วยมะเร็งศีรษะและลำคอ รวมถึงสามารถที่จะลด PTV ลงได้ถึง 0.3 cm ในกรณีที่ต้องการลดปริมาณรังสีต่อเนื้อเยื่อปกติ
- คำสำคัญ** : มะเร็งศีรษะและลำคอ ขอบเขตการวางแผนการรักษา ความคลาดเคลื่อนในการจัดท่า

ABSTRACT

- Background** : Setup uncertainties can impact the precision of intensity-modulated radiotherapy (IMRT).
- Objective** : This study aimed to analyze setup uncertainties in head and neck cancer patients undergoing IMRT and utilized the data to establish appropriate planning target volume (PTV) margins.
- Methods** : Setup uncertainties were assessed using KV-images and cone-beam CT (CBCT) scans of head and neck cancer patients treated with the Elekta Harmony Pro LINAC from July 1st, 2022, to June 30th, 2023. Displacements in vertical, longitudinal, and lateral directions were recorded. Systematic errors, random errors, and PTV margins were calculated and subjected to statistical analysis.
- Results** : A total of 2,410 images (666 CBCT images, 1,744 KV-images) from 74 patients were analyzed. Systematic errors in lateral, longitudinal, and vertical directions were 0.071 cm, 0.061 cm, and 0.059 cm, respectively. Random errors were 0.11 cm, 0.10 cm, and 0.10 cm in the same directions. Calculated PTV margins using the van Herk formula in lateral, longitudinal, and vertical directions were 0.26 cm, 0.22 cm, and 0.21 cm, respectively.
- Conclusions** : PTV margins were found to be less than 0.5 cm, ensuring adequate coverage for all patients. However, a 0.3 cm margin may be advisable to minimize radiotherapy-related side effects.
- Keywords** : Head and neck cancer, Setup uncertainties, Planning target volume, PTV, IMRT.

หลักการและเหตุผล

ในการฉายรังสีในผู้ป่วยมะเร็งศีรษะและลำคอ ปัจจุบันมีเทคนิคที่เป็นมาตรฐานคือ การฉายรังสีแบบปรับความเข้ม (Intensity-modulated radiotherapy: IMRT) ซึ่งเป็นการให้ปริมาณรังสีที่สูงแก่ก้อนมะเร็ง (tumor) และลดปริมาณรังสีต่อเนื้อเยื่อปกติ (organs at risk) โดยมีข้อมูลสนับสนุนผลการรักษาทั้งในด้านการควบคุมตัวโรคที่ดีกว่า และผลข้างเคียงที่น้อยกว่าการฉายรังสีด้วยเทคนิคดั้งเดิมเช่น การฉายรังสีแบบสามมิติ (3D conformal radiotherapy) และการฉายรังสีแบบสองมิติ (2D radiotherapy) เช่น ภาวะน้ำลายแห้ง (xerostomia) และภาวะขากรรไกรยึด (trismus) เป็นต้น^(1,2) แต่การฉายรังสีด้วยเทคนิค IMRT ต้องการตำแหน่งในการฉายรังสีที่

แม่นยำสูง เพื่อให้เกิดการครอบคลุมบริเวณรอยโรคได้อย่างถูกต้อง⁽³⁾

ในการฉายรังสีบริเวณศีรษะและลำคอ ความคลาดเคลื่อนในการจัดตำแหน่งผู้ป่วยเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความแม่นยำในการฉายรังสี เนื่องจากในแต่ละวัน ผู้ป่วยจะต้องอยู่ในตำแหน่งเดิมและนิ่งเหมือนกับวันที่มีการจำลองการรักษาด้วยเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (CT-simulation) ซึ่งการจัดตำแหน่งที่คลาดเคลื่อนมีผลกระทบต่อปริมาณรังสีที่กำหนดไม่ครอบคลุมบริเวณที่ต้องการฉายรังสี และเนื้อเยื่อปกติได้รับปริมาณรังสีโดยไม่จำเป็น ส่งผลต่อประสิทธิภาพการรักษา ดังนั้นการกำหนดขอบเขตการวางแผนการรักษา

(Planning target volume: PTV) เพื่อให้ก้อนมะเร็งได้รับปริมาณรังสีครอบคลุมตามแผนการรักษาที่แพทย์ได้กำหนด ควรคำนึงถึงความเสี่ยงที่เคลื่อนที่เกิดจากการจัดทำผู้ป่วยร่วมด้วย ซึ่ง PTV ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยได้แก่ ความถูกต้องแม่นยำของเครื่องมือต่างๆ อุปกรณ์ยึดตรึง (Immobilization device) ที่ใช้จัดตำแหน่งผู้ป่วย รวมถึงหลักปฏิบัติ (protocol) การถ่ายภาพด้วยระบบภาพนำวิถี (Image-Guided radiation therapy: IGRT) เพื่อตรวจสอบตำแหน่งของผู้ป่วยก่อนการฉายรังสี เช่น การถ่ายภาพเอกซเรย์ระนาบ 2 มิติ (kV planar image) หรือภาพปริมาตร 3 มิติ (Cone beam computed tomography: CBCT)⁽⁴⁻⁵⁾

ปัจจุบันในโรงพยาบาลสุรินทร์ มีเครื่องเร่งอนุภาค (Linear accelerator: LINAC) ที่สามารถฉายรังสีด้วยเทคนิคแบบปรับความเข้ม (Intensity modulated radiotherapy: IMRT) ยี่ห้อ Elekta (Elekta Medical System, Stockholm, Sweden) รุ่น Harmony Pro ที่มีการใช้เป็นเครื่องแรกในแถบเอเชียแปซิฟิกและประเทศไทยตั้งแต่กุมภาพันธ์ พ.ศ.2565 ทำให้ข้อมูลเกี่ยวกับค่าความคลาดเคลื่อนในการจัดทำผู้ป่วยสำหรับเครื่องเร่งอนุภาคเครื่องนี้มีจำกัด และมีข้อมูลสำหรับเครื่องฉายรังสีที่ใช้เทคนิคและลักษณะใกล้เคียงในประเทศไทยพบว่า PTV อยู่ที่ 0.3-0.5 cm⁽⁶⁾ จึงจำเป็นต้องมีการวาง protocol และกำหนด PTV เพื่อรับประกันได้ว่าการระบุความแม่นยำในการรักษาเหมาะสมกับผู้ป่วย และเครื่องเร่งอนุภาคที่ใช้ในโรงพยาบาลสุรินทร์

วัตถุประสงค์

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาแบบย้อนหลัง (retrospective) เพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนในการจัดตำแหน่ง กำหนดขนาดของ PTV และยืนยันความถูกต้องเหมาะสมของ protocol ในการรักษาผู้ป่วยมะเร็ง ศีรษะและลำคอ ที่ได้รับการฉายรังสีด้วยเทคนิค IMRT ในหน่วยงานรังสีรักษา โรงพยาบาลสุรินทร์

วิธีการศึกษา

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การศึกษาวิจัยนี้ได้ศึกษาในกลุ่มผู้ป่วยที่ฉายรังสีในบริเวณศีรษะและลำคอ ที่ได้รับการฉายรังสีด้วยเทคนิค IMRT ในหน่วยงานรังสีรักษา โรงพยาบาลสุรินทร์ ตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม พ.ศ.2565 ถึงวันที่ 30 มิถุนายน พ.ศ.2566

- เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าสู่การวิจัย (inclusion criteria)

1. อายุ 18 ปี ขึ้นไป (นับตั้งแต่วันที่ได้รับการวินิจฉัย)

2. มีการฉายรังสีจำนวน 30 ครั้ง (fraction) ขึ้นไป

- เกณฑ์การคัดเลือกละกลุ่มตัวอย่างออกจากกรวิจัย (exclusion criteria)

1. มีภาพข้อมูลที่ใช้สำหรับตรวจสอบตำแหน่งของผู้ป่วยก่อนการฉายรังสีน้อยกว่าร้อยละ 90 ของจำนวนครั้งที่ฉายรังสี

2. มีการฉายรังสีโดยใช้เครื่องเร่งอนุภาคเครื่องอื่นในช่วงการรักษาเดียวกัน

3. ผู้ป่วยได้รับการฉายรังสีไม่ครบจำนวนครั้งตามแผนการรักษา

2. ขั้นตอนการจัดเตรียมผู้ป่วยก่อนฉายรังสี

ขั้นตอนเริ่มจากการจำลองการฉายรังสีและการสร้างภาพด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ ยี่ห้อ Siemens (Siemens Medical Solutions, Concord, CA, USA) รุ่น SOMATOM go.sim เพื่อใช้ในการวางแผนการรักษา และได้รับการฉายรังสีด้วยเครื่องเร่งอนุภาคยี่ห้อ Elekta (Elekta Medical System, Stockholm, Sweden) รุ่น Harmony Pro

การจัดทำผู้ป่วยทุกรายจะอยู่ในท่านอนหงาย (supine) เหยียดขาตรง หนุนหมอนรองบริเวณศีรษะและลำคอ โดยมีมือทั้ง 2 ข้างวางข้างตัว และใช้อุปกรณ์ยึดตรึงผู้ป่วยชนิด thermoplastic long mask (ภาพที่ 1)

ภายหลังจากการจัดทำผู้ป่วยและทำการจำลองการฉายรังสีแล้ว ภาพ CT simulation จะถูกส่งไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์วางแผนการรักษา (Treatment Planning System: TPS) โดยใช้โปรแกรม Monaco

version 6.1 (Elekta Medical System, Stockholm, Sweden) ในการวางแผนการรักษา ซึ่งรังสีแพทย์จะทำหน้าที่ในการวาดขอบเขตของรอยโรค (gross target volume, clinical target volume, planning target volume และ organs at risk) ตาม guideline ของแต่ละโรค โดยกำหนดขอบเขตของ PTV (PTV margin) อยู่ที่ 0.5 cm และภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ถูกนำไปสร้างเป็นภาพ digitally reconstructed radiographs (DRRs) ที่แสดงขอบเขตของ bony anatomy ซึ่งภาพ

DRRs ถูกนำไปใช้เป็นภาพอ้างอิงในการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนในการจัดทำผู้ป่วยก่อนฉายรังสี

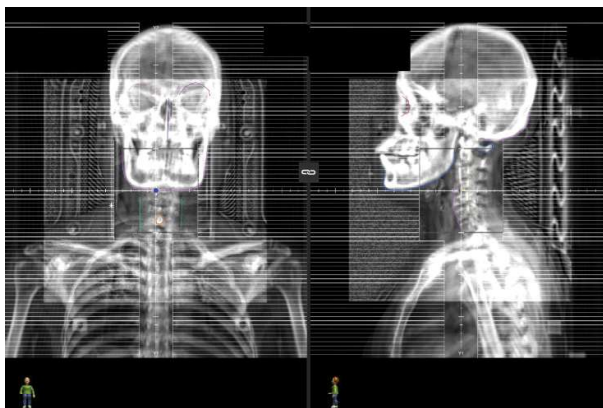
หลังจากที่รังสีแพทย์และนักฟิสิกส์การแพทย์ทำการวางแผนการรักษาเสร็จ ขั้นตอนต่อไปคือ นำผู้ป่วยไปห้องจำลองการฉายรังสีเพื่อขีดเส้นกำหนดจุดอ้างอิงบริเวณที่ฉายรังสีบนตัวผู้ป่วย โดยใช้เส้นเลเซอร์ร่วมในการจัดตำแหน่งในห้องฉายรังสีก่อนทำการเริ่มฉายรังสีผู้ป่วยถูกจัดทำและใช้อุปกรณ์ตามการจำลองการฉายรังสีข้างต้น (ภาพที่ 1)



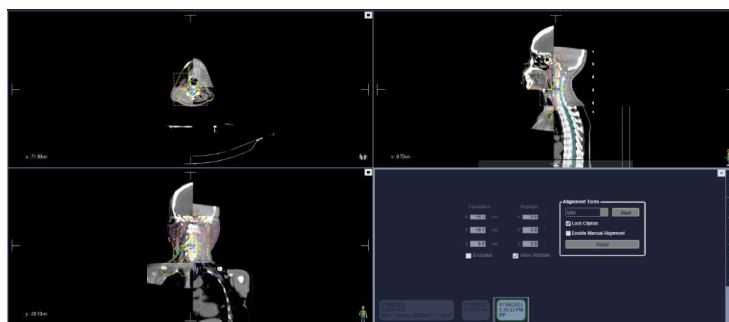
ภาพที่ 1 อุปกรณ์ยึดตรึงชนิด thermoplastic long mask และเลเซอร์ในห้องฉายรังสีช่วยในการจัดทำผู้ป่วย

ก่อนฉายรังสีจะมีการถ่ายภาพเอกซเรย์เพื่อตรวจสอบตำแหน่งและการจัดทำบริเวณที่จะฉายรังสี โดยภาพที่ได้เกิดจากการใช้แหล่งกำเนิดเอกซเรย์ (kV x-ray source: kVS) และมีตัวรับภาพเอกซเรย์ (kV x-ray detector: kVD) ซึ่งถ่ายภาพในแนวระนาบ 2 มิติ ในการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนระหว่างภาพเอกซเรย์กับภาพอ้างอิง DRRs ของผู้ป่วยซึ่งการถ่ายภาพเอกซเรย์เพื่อตรวจสอบตำแหน่ง 1 ครั้งจะได้

ภาพเอกซเรย์เพื่อเปรียบเทียบจำนวน 2 ภาพ คือ ภาพด้านหน้าหลัง (Anterior-Posterior: AP) และภาพด้านข้าง (Lateral) (ภาพที่ 2) ซึ่งทำการถ่ายภาพเปรียบเทียบก่อนฉายรังสีทุกวันที่มีการฉายรังสี รวมถึงมีการถ่ายภาพ CBCT เพื่อสร้างภาพจำลอง CT เปรียบเทียบกับภาพ CT-Simulation (ภาพที่ 3) ในสามวันแรกของการรักษา หลังจากนั้นถ่ายภาพสัปดาห์ละ 1 ครั้ง



ภาพที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบตำแหน่งกระดูก (bony landmark) ด้วย KV-image ด้าน AP และ Lateral



ภาพที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบภาพ CBCT กับภาพ CT simulation

3. การหาค่าความคลาดเคลื่อนในการจัดทำผู้ป่วย

การกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนของการจัดทำผู้ป่วยมี 3 ด้านดังนี้ ด้านซ้าย-ขวา เรียกว่า Lateral (LAT, แกน x) ด้านศีรษะ-ปลายเท้า เรียกว่า Longitudinal (LONG, แกน y) และด้านหน้า-หลัง เรียกว่า Vertical (VRT, แกน z) ในการเปรียบเทียบภาพเอกซเรย์เพื่อตรวจสอบตำแหน่งก่อนการฉายรังสี ซึ่งจะใช้ตำแหน่งของกระดูก (bony landmark) เป็นหลักโดยนักเทคนิครังสี และมีการหาความคลาดเคลื่อนโดยภาพ CBCT โดยรังสีแพทย์จะเป็นผู้ตรวจสอบและยืนยันทุกครั้ง

การคำนวณความคลาดเคลื่อนจะใช้คำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนในแต่ละแกน x y และ z หลังจากนั้นนำค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้มาคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ (systematic error, Σ) ซึ่งหาได้จากการคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการจัดทำของผู้ป่วยทุกคน และหาความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม (random error, σ) ได้จากค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผู้ป่วยทุกคน

เพื่อนำไปคำนวณหาค่าขอบเขตของ PTV โดยคำนวณค่า PTV margin จากสมการของ van Herk(7) ดังนี้

$$PTV \text{ margin (cm)} = 2.5\Sigma + 0.7\sigma$$

ผลการศึกษา

ตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม พ.ศ.2565 ถึงวันที่ 30 มิถุนายน พ.ศ.2566 ได้ข้อมูลผู้ป่วยทั้งสิ้น 146 ราย โดยมีผู้ป่วย 66 ราย ถูกคัดออก เนื่องจากมีการรักษาโดยใช้เครื่องฉายรังสี 2 เครื่องในช่วงการรักษาเดียวกัน มีผู้ป่วย 8 คนถูกคัดออก เนื่องจากมีภาพที่จำเป็นในการคำนวณการคลาดเคลื่อนตาม protocol ไม่เพียงพอ หรือน้อยกว่าร้อยละ 90 จากจำนวนครั้งที่ฉายทั้งหมดรวมเหลือทั้งสิ้น 74 ราย 2,410 ภาพถ่าย (CBCT 666 ภาพ และ KV-image 1,744 ภาพ) ซึ่งผู้ป่วยมะเร็งศีรษะและลำคอ ส่วนใหญ่เป็นมะเร็งหลังโพรงจมูก (nasopharyngeal cancer) มะเร็งคอหอยหลังช่องปาก (oropharyngeal cancer) มะเร็งในช่องปาก (oral cavity cancer) และมะเร็งหลังคอหอย (hypopharyngeal cancer) ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนผู้ป่วย ชนิดของมะเร็ง และจำนวนภาพถ่ายสำหรับหาตำแหน่งคลาดเคลื่อน

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (ร้อยละ)
เพศ	
• ชาย	60 (81.1%)
• หญิง	14 (18.9%)
ชนิดของมะเร็ง	
• Nasopharyngeal cancer	31 (41.9%)
• Oropharyngeal cancer	16 (21.6%)
• Oral Cavity	16 (21.6%)
• Hypopharyngeal cancer	11 (14.9%)
ภาพถ่ายสำหรับหาตำแหน่งคลาดเคลื่อน (IGRT image)	
• Cone Beam CT (CBCT)	666 (27.6%)
• KV-image	1,744 (72.4%)

Systematic errors (Σ)

Systematic errors (Σ) สามารถคำนวณโดยหาทิศทางความคลาดเคลื่อนของผู้ป่วยแต่ละคนในตลอดการรักษาในแต่ละวัน โดยจะระบุเป็นค่าเฉลี่ยในแต่ละคน หลังจากนั้นนำค่าเฉลี่ยของแต่ละคนมาคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร (standard deviation: SD) ซึ่งจะเป็นค่าที่บ่งบอกถึง systematic errors (Σ) โดยพบว่าค่า systematic errors ของ แนว Lateral (แกน x) เท่ากับ 0.071 cm (95%CI, 0.06-0.09) แนว Longitudinal (แกน y) เท่ากับ 0.061 cm (95%CI, 0.05-0.07) และ Vertical (แกน z) เท่ากับ 0.059 cm (95%CI, 0.05-0.07)

Random error (σ)

Random errors (σ) คือความผันผวน (variation) ของการจัดคนไข้ในแต่ละวัน โดยสำหรับผู้ป่วยแต่ละคนสามารถคำนวณหาได้โดยการหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อน และนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย

ประชากรของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอีกที โดยพบว่าค่า random errors ของ แนว Lateral (แกน x) เท่ากับ 0.11 cm (95%CI, 0.10-0.12) แนว Longitudinal (แกน y) เท่ากับ 0.10 cm (95%CI, 0.10-0.11) และ Vertical (แกน z) เท่ากับ 0.10 cm (95%CI, 0.08-0.11) PTV margin

การคำนวณ PTV margin ที่มีความนิยมในปัจจุบันคือ สมการของ van Herk ซึ่งกำหนดให้ systematic error มีผลมากกว่า random error เพื่อให้มั่นใจว่า 90% ของ CTV จะได้รับปริมาณรังสีอย่างน้อย 95% ของปริมาณรังสีที่กำหนดดังสมการ PTV margin (cm) = $2.5\Sigma + 0.7\sigma$

คำนวณ PTV margin ของ แนว Lateral (แกน x) เท่ากับ 0.26 cm (95%CI, 0.25-0.27) แนว Longitudinal (แกน y) เท่ากับ 0.22 cm (95%CI, 0.22-0.23) และ Vertical (แกน z) เท่ากับ 0.21 cm (95%CI, 0.21-0.22) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลการคำนวณความคลาดเคลื่อน

Direction	Population set-up errors (cm)		PTV margins (cm)
	Systematic errors (Σ) (95% CI)	Random error (σ) (95% CI)	van Herk ($2.5\Sigma + 0.7\sigma$) (95% CI)
Lateral (x)	0.071 (0.06-0.09)	0.11 (0.10-0.12)	0.26 (0.25-0.27)
Longitudinal (y)	0.061 (0.05-0.07)	0.10 (0.10-0.11)	0.22 (0.22-0.23)
Vertical (z)	0.059 (0.05-0.07)	0.10 (0.08-0.11)	0.21 (0.21-0.22)

อภิปรายผล

ในการศึกษานี้เก็บข้อมูลผู้ป่วยจำนวน 74 ราย ภาพ CBCT ทั้งหมด 666 ภาพ และ KV-image 1,744 ภาพ รวม 2,410 ภาพ พบว่าค่า PTV ของผู้ป่วยที่เหมาะสมอยู่ที่น้อยกว่า 0.3 cm ทั้ง 3 แกน โดยมากที่สุดเ็นแนว Lateral (แกน x) อยู่ที่ 0.26 cm ซึ่งเมื่อเทียบกับข้อมูลจากหลายๆการศึกษาพบว่า PTV margin ที่ 0.5 cm เพียงพอต่อการรักษาผู้ป่วย⁽⁸⁻¹⁴⁾ อีกทั้ง PTV margin ขนาดลดลงมาถึง 0.3-0.5 cm สามารถที่จะใช้ได้ ในกรณีที่ผู้ป่วยมีการทำ IGRT ทุกวัน⁽¹³⁾ หรือวันเว้นวัน^(11,15) อีกทั้งมีข้อมูลของสถาบันในประเทศไทยเองพบ

ว่าค่า PTV อยู่ที่ 0.3-0.5 cm เช่นกัน⁽⁶⁾ โดยมีลักษณะ protocol ใกล้เคียงกับทางโรงพยาบาลสุรินทร์คือ มีการทำ KV-image ทุกวัน และ CBCT ทุกอาทิตย์⁽⁶⁾

ประเด็นสำคัญที่ส่งผลต่อ PTV ที่มีขนาดน้อยกว่า 0.5 cm คือ immobilization ที่ปัจจุบันมีการใช้ Thermoplastic long masks ชนิด 9-points bar lock ที่เจาะตรึงบริเวณหัวและไหล่ของผู้ป่วย ทำให้ผู้ป่วยอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม ซึ่งมีการศึกษาในกรณีที่ใช้ long mask พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนในแต่ละแกนอยู่ในช่วง 0.2-0.5 cm⁽¹⁶⁾ ทำให้ปัจจุบันการใช้

thermoplastic long mask เป็นมาตรฐานในการจัด
ผู้ป่วยสำหรับฉายรังสีบริเวณศีรษะและลำคอ

หากคำนึงถึงปริมาณรังสีที่มีผลต่อเนื้อเยื่อปกติ (organs at risk) การลดขนาด PTV จะทำให้ให้ปริมาณ และขอบเขตที่รับรังสีน้อยลง ส่งผลให้อวัยวะโดยรอบได้ ปริมาณรังสีและผลข้างเคียงที่ลดลงตามลำดับ⁽¹³⁾ ซึ่งการ จะลด PTV อย่างเหมาะสมได้โดยที่ไม่ส่งผลปริมาณรังสี ที่ก่อนมะเร็งควรจะได้รับจึงเป็นสิ่งสำคัญ โดยจากการศึกษา นี้คำนวณ PTV ได้น้อยกว่า 0.3 cm จึงอาจจะสามารถ ลด PTV ลงเหลือ 0.3 cm ในกรณีที่มีความจำเป็นต้องการ ลดปริมาณรังสีที่อวัยวะสำคัญได้อย่างเหมาะสม และ มีข้อมูลรองรับ

ความถี่ในการทำ IGRT ก็ยังเป็นส่วนสำคัญในระบบงานการฉายรังสี เนื่องจากการถ่ายภาพก่อนฉายรังสีทุกครั้งจะมีการใช้เวลาในการถ่ายภาพ รวมถึงตรวจสอบความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 30-60 วินาที ส่งผลให้ระยะเวลาในการฉายคนไข้ต่อคนนานขึ้น มีผลโดยรวมต่อการฉายคนไข้ทั้งหมดในแต่ละวัน การปรับ protocol เป็นการถ่ายภาพวันเว้นวันอาจจะสามารถทำได้ในกรณีที่ต้องฉายผู้ป่วยในปริมาณมาก หรือกรณีที่ผู้ป่วยไม่สามารถนอนในห้องฉายนานได้^(11,15)

สรุป

ในการศึกษานี้พบว่า ขอบเขตการวางแผนการ
รักษา (PTV) จากการศึกษาผู้ป่วยที่ได้รับการฉายรังสี
บริเวณศีรษะและลำคอ ด้วยเทคนิคแบบปรับความเข้ม
(Intensity modulated radiotherapy: IMRT) มีค่า
น้อยกว่า 0.5 cm ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมในการฉายรังสี
และแสดงให้เห็นว่าการจัดทำผู้ป่วยในการฉายรังสีแต่ละ
ครั้งมีความสำคัญ รวมถึงสามารถที่จะลด PTV ลงได้ถึง
0.3 cm ในกรณีที่ต้องการลดปริมาณรังสีต่อเนื้อเยื่อปกติ
และสามารถที่จะเป็นพื้นฐานในการคำนวณหา PTV และ
การทดสอบอุปกรณ์ในการจัดทำผู้ป่วยชนิดใหม่ๆ ทั้งใน
กรณีของมะเร็งศีรษะและลำคอและมะเร็งในวัยอื่นๆ
ที่มีความคลาดเคลื่อนสูงเช่น มะเร็งในบริเวณทรวงอก
และมะเร็งในช่องท้อง เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

1. Luo MS, Huang GJ, Liu HB. Oncologic outcomes of IMRT versus CRT for nasopharyngeal carcinoma: A meta-analysis. *Medicine* (Baltimore) 2019;98(24):e15951. doi: 10.1097/MD.00000000000015951.
2. Du T, Xiao J, Qiu Z, Wu K. The effectiveness of intensity-modulated radiation therapy versus 2D-RT for the treatment of nasopharyngeal carcinoma: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One* 2019; 14(7):e0219611. doi: 10.1371/journal.pone.0219611.
3. Wu VWC, Law MYY, Star-Lack J, Cheung FWK, Ling CC. Technologies of image guidance and the development of advanced linear accelerator systems for radiotherapy. *Front Radiat Ther Oncol* 2011;43:132-64. doi: 10.1159/000322414.
4. Biau J, Lapeyre M, Troussier I, Budach W, Giralt J, Grau C, et al. Selection of lymph node target volumes for definitive head and neck radiation therapy: a 2019 Update. *Radiother Oncol* 2019;134:1-9. doi: 10.1016/j.radonc.2019.01.018.
5. Murray E, Xia P, Dorfmeier A, Joshi N, Lee D, Koyfman S. Chapter 5 head and neck planning. In: Xia P, Godley A, Shah C, Videtic G, Suh J, eds. *Strategies for Radiation Treatment Planning*. New York : Springer Publishing Company ; 2018 : 55-102.
6. เมทินี วิเศษรินทอง. การประเมินค่า CTV to PTV margin ของตำแหน่งการฉายรังสีในผู้ป่วยมะเร็งศีรษะและลำคอที่รักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแบบปรับความเข้มหมุนรอบตัวผู้ป่วยโดยใช้เครื่องถ่ายภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบโคน. *มะเร็งวิทยานวสารสมาคมรังสีรักษาและมะเร็งวิทยาแห่งประเทศไทย* 2559;22(1):39-46.

7. van Herk M. Errors and margins in radiotherapy. *Semin Radiat Oncol* 2004;14(1):52-64. doi: 10.1053/j.semradonc.2003.10.003.
8. Baron CA, Awan MJ, Mohamed AS, Akel I, Rosenthal DI, Gunn GB, et al. Estimation of daily interfractional larynx residual setup error after isocentric alignment for head and neck radiotherapy: quality assurance implications for target volume and organs-at-risk margination using daily CT on-rails imaging. *J Appl Clin Med Phys* 2014;16(1):5108. doi: 10.1120/jacmp.v16i1.5108.
9. Dionisi F, Palazzi MF, Bracco F, Brambilla MG, Carbonini C, Asnaghi DD, et al. Set-up errors and planning target volume margins in head and neck cancer radiotherapy: a clinical study of image guidance with on-line cone-beam computed tomography. *Int J Clin Oncol* 2013;18(3):418-27. doi: 10.1007/s10147-012-0395-7.
10. Kataria T, Abhishek A, Chadha P, Nandigam J. Set-up uncertainties: online correction with X-ray volume imaging. *J Cancer Res Ther* 2011;7(1):40-6. doi: 10.4103/0973-1482.80457.
11. Nyarambi I, Chamunyonga C, Pearce A. CBCT image guidance in head and neck irradiation: the impact of daily and weekly imaging protocols. *J Radiother Pract* 2015;14(4):362-9. DOI:10.1017/S1460396915000266
12. Saha A, Mallick I, Das P, Shrimali RK, Achari R, Chatterjee S. Evaluating the Need for Daily Image Guidance in Head and Neck Cancers Treated with Helical Tomotherapy: A Retrospective Analysis of a Large Number of Daily Imaging-based Corrections. *Clin Oncol (R Coll Radiol)* 2016;28(3):178-84. doi: 10.1016/j.clon.2015.11.014.
13. Yin WJ, Sun Y, Chi F, Fang JL, Guo R, Yu XL, et al. Evaluation of inter-fraction and intra-fraction errors during volumetric modulated arc therapy in nasopharyngeal carcinoma patients. *Radiat Oncol* 2013;8:78. doi: 10.1186/1748-717X-8-78.
14. Tan W, Wang Y, Yang M, Amos RA, Li W, Ye J, et al. Analysis of geometric variation of neck node levels during image-guided radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma: recommended planning margins. *Quant Imaging Med Surg* 2018;8(7):637-47. doi: 10.21037/qims.2018.08.03.
15. Yu Y, Michaud AL, Sreeraman R, Liu T, Purdy JA, Chen AM. Comparison of daily versus nondaily image-guided radiotherapy protocols for patients treated with intensity-modulated radiotherapy for head and neck cancer. *Head Neck* 2014;36(7):992-7. doi: 10.1002/hed.23401.
16. Divneet M, Quoc-Anh H, Betsy W, Gia J, Denise R, Christopher W, et al. Comparison of two thermoplastic immobilization mask systems in daily volumetric image guided radiation therapy for head and neck cancers. *Biomed Phys Eng Express* 2018;4(5):055007. DOI:10.1088/2057-1976/aad574