



Original Article

ค่าความคลาดเคลื่อนของการจัดทำและขอบเขต CTV to PTV

สำหรับมะเร็งบริเวณช่องท้องส่วนบนที่รักษาด้วยการฉายรังสีแบบเทคนิค

ปรับความเข้มโดยใช้อุปกรณ์รับภาพอิเล็กทรอนิกส์ในโรงพยาบาลสกลนคร

Setup errors and CTV to PTV margin for upper abdominal cancer with intensity modulated radiotherapy technique using electronic portal imaging device in Sakon Nakhon Hospital

วิมลมาศ ทองงาม¹ • ศรายุทธ ครโสภา¹ • พัฒนพงษ์ แสนชนม์¹ • นวพร พงษ์ศักดิ์¹ • เนตรชนก ยิ่งสม² • เกศมณี ละลมชัย²
 ญานิกา ไวสาริกกรม² • สุมาลี ยับสันเทียะ^{2*}

¹หน่วยรังสีรักษา กลุ่มงานรังสีวิทยา โรงพยาบาลสกลนคร อำเภอเมืองสกลนคร จังหวัดสกลนคร

²ภาควิชารังสีเทคนิค คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

Wimonmart Thongnarm¹ • Sarayut Kornsoa¹ • Phattanapong Saenchon¹ • Nawaporn Pongsak¹

Netchanok Yingsom² • Ketmanee Lalomchai² • Yanika Waisarikam² • Sumalee Yabsantia^{2*}

¹Division of Radiation Therapy, Department of Radiology, Sakon Nakhon Hospital, Sakon Nakhon 47000

²Department of Radiological Technology, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University, Phitsanulok 65000

*ผู้รับผิดชอบบทความ: สุมาลี ยับสันเทียะ | Corresponding author: Sumalee Yabsantia (sumalee@nu.ac.th)

Received: 29 September 2023 | Revised: 26 December 2023 | Accepted: 29 December 2023

Thai J Rad Tech 2024;49(1):1-13

บทคัดย่อ

บทนำ: ค่าความคลาดเคลื่อนจากการจัดทำสำหรับผู้ป่วยมะเร็งช่องท้องส่วนบนมีความจำเพาะในแต่ละโรงพยาบาล **วัตถุประสงค์:** เพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนแบบระบบและแบบสุ่มและค่า CTV to PTV margin สำหรับผู้ป่วยมะเร็งช่องท้องส่วนบนที่รักษาด้วยเทคนิคปรับความเข้มที่ตรวจสอบการรักษาโดยใช้อุปกรณ์รับภาพอิเล็กทรอนิกส์ **วิธีการศึกษา:** เก็บข้อมูลค่าความคลาดเคลื่อนจากการจัดทำผู้ป่วยที่เข้ารับการฉายรังสีจำนวน 32 ราย จากระบบ Mosaiq และนำค่าที่ได้มาคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนแบบระบบและแบบสุ่มของผู้ป่วยแต่ละรายและกลุ่มประชากร หลังจากนั้นคำนวณค่า CTV to PTV margin โดยใช้สมการของ Van Herk และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนกับค่าดัชนีมวลกาย อายุ และปริมาตร PTV **ผลการศึกษา:** ผลการศึกษาพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนในแนวศีรษะ-ปลายเท้า แนวซ้าย-ขวา และแนวหน้า-หลังของมะเร็งช่องท้องส่วนบนพบว่ามีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.59 ± 1.44 , 2.17 ± 0.95 , 1.66 ± 0.59 มิลลิเมตร ตามลำดับ ค่าความคลาดเคลื่อนแบบระบบของประชากรในแนวศีรษะ-ปลายเท้า แนวซ้าย-ขวา และแนวหน้า-หลังเท่ากับ 1.44, 0.95 และ 0.59 มิลลิเมตร ตามลำดับ ค่าความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มของประชากรในแนวศีรษะ-ปลายเท้า แนวซ้าย-ขวา และแนวหน้า-หลังเท่ากับ 2.59, 2.17 และ 1.66 มิลลิเมตร ตามลำดับ และค่า CTV to PTV margin ในแนวศีรษะ-ปลายเท้า แนวซ้าย-ขวา และแนวหน้า-หลังเท่ากับ 5.42, 3.89 และ 2.62 มิลลิเมตร ตามลำดับ และพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีมวลกาย อายุ และ PTV (p-value > 0.05) **สรุปผลการศึกษา:**

ค่า CTV to PTV margin ทั้ง 3 แนวมีค่าไม่เกิน 5 มิลลิเมตร ยกเว้นในแนวศีรษะ-ปลายเท้า ซึ่งผลการวิจัยนี้อาจจะมีประโยชน์ในการทบทวนค่า PTV margin ของโรงพยาบาลต่อไป

คำสำคัญ: ความคลาดเคลื่อนของการจัดท่า, มะเร็งช่องท้องส่วนบน, เทคนิคการฉายรังสีแบบปรับความเข้ม, อุปกรณ์รับภาพอิเล็กทรอนิกส์

Abstract

Introduction: The systematic and random setup errors for patients with upper abdominal cancer are specific to each hospital. **Objective:** This study aimed to determine the systematic error, random error, and CTV to PTV margin for patient positioning in upper abdominal cancer with intensity-modulated radiotherapy (IMRT) using the electronic portal imaging device (EPID). **Materials and Methods:** Patient information and setup errors of 32 patients undergoing radiotherapy were collected. The data on setup errors in three directions (longitudinal, lateral, and vertical) were retrospectively collected from the Mosiaq Platform. Subsequently, individual and population systematic and random errors were calculated. The CTV to PTV margins were then determined using the Van Herk equation. Finally, correlations between setup error and BMI, age, and PTV volume were analyzed. **Results:** The results showed that the setup errors in the longitudinal, lateral, and vertical directions were 2.59 ± 1.44 , 2.17 ± 0.95 , and 1.66 ± 0.59 mm, respectively. The population systematic errors in the longitudinal, lateral, and vertical directions were 1.44, 0.95, and 0.59 mm, respectively. The population random errors in the longitudinal, lateral, and vertical directions were 2.59, 2.17, and 1.66 mm, respectively. The determined CTV to PTV margins in the longitudinal, lateral, and vertical directions were 5.42, 3.89, and 2.62 mm, respectively. There was no correlation between setup error and BMI, age, or PTV volume, with p-values > 0.05. **Conclusion:** The CTV to PTV margins were less than 5 mm in all directions except the longitudinal direction. This finding may be useful for reviewing the PTV margin for Sakon Nakhon hospital.

Keywords: Setup error, Upper abdominal cancer, Intensity modulated radiation therapy, Electronic portal imaging device

บทนำ

โรคมะเร็งเป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับต้นๆ ของคนทั่วโลก และจำนวนของผู้ป่วยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี โดยโรคมะเร็งกระเพาะอาหารเป็นโรคมะเร็งที่พบ 1 ใน 5 อันดับแรกของโลก รองลงมาคือโรคมะเร็งตับ^[1] ปัจจุบันการรักษามะเร็งบริเวณช่องท้องส่วนบนนิยมใช้เทคนิคการฉายรังสีแบบปรับความเข้ม (Intensity modulated radiation therapy; IMRT) หรือเทคนิคการฉายรังสีแบบปรับความเข้มหมุนรอบตัวผู้ป่วย (Volumetric modulated arc therapy; VMAT) สำหรับโรงพยาบาลสกลนครนั้นใช้เทคนิคการฉายรังสีสำหรับมะเร็งบริเวณช่องท้องส่วนบนด้วยการฉายรังสีแบบปรับความเข้ม ซึ่งการจัดท่าผู้ป่วยบริเวณช่องท้องนั้นมีความยาก เนื่องจากผู้ป่วยอาจจะยกแขนในระดับที่ต่างกันในแต่ละวัน ซึ่งจะทำให้ตำแหน่งเส้นอ้างอิงบนผิวผู้ป่วยคลาดเคลื่อนได้ ดังนั้น การจัดท่าให้เหมือนเดิมทุกครั้งจึงเป็นเรื่องที่ท้าทายสำหรับมะเร็งบริเวณดังกล่าว อีกทั้งขนาดตัวของผู้ป่วยก็อาจจะมีผลต่อความคลาดเคลื่อนในการจัดท่า

ความคลาดเคลื่อนในการจัดท่าผู้ป่วยเป็นค่าพารามิเตอร์หนึ่งที่ต้องคำนึงถึงในกำหนดขอบเขตของก้อนมะเร็งระหว่าง

Clinical target volume (CTV) และ Planning target volume (PTV) หรือที่เรียกว่า ค่า Clinical target volume to Planning target volume margin (CTV to PTV margin) ซึ่งการกำหนดค่า CTV to PTV margin ที่เหมาะสมจะช่วยให้ก้อนมะเร็งได้รับปริมาณรังสีสูงสุดถูกต้องตามแผนการรักษา และเนื้อเยื่อสำคัญข้างเคียงได้รับปริมาณรังสีไม่เกินที่กำหนดตามรายงานของ International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU) ฉบับที่ 83^[2] กล่าวว่า ค่า CTV to PTV margin ควรคำนวณสำหรับแต่ละแผนการรักษาเนื่องจากขั้นตอนการจัดท่า เครื่องฉายรังสีและเครื่องมือการสร้างภาพเป็นปัจจัยที่เฉพาะของแต่ละแผนก ที่อาจมีผลต่อค่าความคลาดเคลื่อนจากการจัดท่าที่ต้องนำมาพิจารณาในการกำหนดค่า CTV to PTV margin แต่รายงานฉบับนี้ไม่ได้กำหนดวิธีการเฉพาะสำหรับการคำนวณค่า CTV to PTV margin ได้จากงานวิจัยของ Kristina Caruana และคณะ^[3] ที่ศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการคำนวณค่า CTV to PTV margin โดยงานวิจัยนี้แม้จะมีสมการที่ใช้ในการคำนวณค่า CTV to PTV

margin หลายสมการ แต่งานวิจัยส่วนใหญ่เลือกใช้สมการของ Van Herk

จากงานวิจัยก่อนหน้านี้ของเมทินี วิเศษรินทอง^[4] ซึ่งประเมินค่า CTV to PTV margin ของตำแหน่งการฉายรังสีในผู้ป่วยมะเร็งศีรษะและลำคอที่รักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแบบปรับความเข้มหมุนรอบตัวผู้ป่วยโดยใช้เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบโคน พบว่าค่า CTV to PTV margin มีค่าน้อยกว่า 4 มิลลิเมตร และต่อมา วิมลมาศ ทองงาม และคณะ^[5] ได้ทำการประเมินค่าความคลาดเคลื่อนแบบระบบและค่าความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มในการรักษาผู้ป่วยมะเร็งศีรษะและลำคอในเทคนิคการฉายรังสีแบบปรับความเข้มโดยใช้อุปกรณ์รับภาพอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic portal imaging device; EPID) ในการตรวจสอบการรักษา พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนในแนวต่างๆ และค่า CTV to PTV margin มีค่าน้อยกว่า 2 มิลลิเมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่างานวิจัยข้างต้นได้ผลค่า CTV to PTV margin ที่ต่างกันแม้จะศึกษาในมะเร็งบริเวณเดียวกัน เนื่องจากงานวิจัยทั้ง 2 เลือกใช้ระบบภาพนำวิถี (Image guided radiation therapy; IGRT) ที่แตกต่างกัน เทคนิคการรักษาที่ต่างกัน เป็นต้น อีกทั้งเทคนิคการจัดทำผู้ป่วยที่ต่างกัน การเลือกใช้อุปกรณ์ยึดตรึงผู้ป่วยที่แตกต่างกัน ก็ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของการจัดทำผู้ป่วยได้ อีกทั้งงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่มีการศึกษาถึงความคลาดเคลื่อนในการจัดทำผู้ป่วยเมื่อใช้อุปกรณ์ยึดตรึงที่แตกต่างกันสำหรับมะเร็งต่อมลูกหมากผลการทดลองพบความคลาดเคลื่อนในการจัดทำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแนวศีรษะ-ปลายเท้า^[6] จึงเป็นเหตุผลที่ว่าโรงพยาบาลแต่ละแห่งควรดำเนินการประเมินค่า CTV to PTV margin ที่จำเพาะของตนเอง ซึ่งมีความจำเพาะในแต่ละโรงพยาบาลเนื่องจากการใช้อุปกรณ์ยึดตรึง การจัดท่า เทคนิคที่ใช้ในการฉายรังสี และระบบภาพนำวิถีที่ต่างกัน จะส่งผลให้ค่า CTV to PTV margin แตกต่างกันนั่นเอง

มีงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่ศึกษาค่า CTV to PTV margin ในมะเร็งบริเวณช่องท้องส่วนบน ได้แก่ งานวิจัยของ Leszczynska P และคณะ^[7] ซึ่งศึกษาค่า CTV to PTV margin ในมะเร็งกระเพาะอาหาร โดยผู้ป่วยได้รับการยึดตรึงแบบหน้าอก และระบบการสร้างภาพแบบ 2D/2D kV IGRT รักษาด้วยเทคนิค IMRT พบว่าค่า CTV to PTV margin อยู่ภายใน 0.3 มิลลิเมตร นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ Tong Y และคณะ^[8] ศึกษาในมะเร็งบริเวณต่างๆ รวมถึงมะเร็งช่องท้อง จากเครื่องฉายรังสีเกลียวหมุน (Tomotherapy) ร่วมกับเทคนิคปรับความเข้มตรวจสอบการรักษาด้วยการใช้ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ระดับพลังงานเมกะโวลต์ (MVCT) พบว่ามีค่า CTV to PTV margin

มากที่สุดเท่ากับ 7.7 มิลลิเมตร ในแนวศีรษะ-ปลายเท้า ซึ่งจะเห็นได้ว่าการใช้เครื่องมือการสร้างภาพระบบภาพนำวิถีที่ต่างกันส่งผลต่อค่า CTV to PTV margin ในผู้ป่วยมะเร็งบริเวณช่องท้องเช่นกัน

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อน และค่า CTV to PTV margin มีความจำเพาะในแต่ละสถาบัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการศึกษาในครั้งนี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินค่าความคลาดเคลื่อนแบบระบบ (Systematic error) และความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม (Random error) ในการจัดทำผู้ป่วยมะเร็งช่องท้องส่วนบน สำหรับการฉายรังสีรักษาด้วยเทคนิคปรับความเข้ม และตรวจสอบการรักษาโดยใช้อุปกรณ์รับภาพอิเล็กทรอนิกส์ ศึกษาในโรงพยาบาลสกลนคร และคำนวณค่า CTV to PTV margin รวมถึงการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนจากการจัดทำ กับค่าดัชนีมวลกาย (Body mass index; BMI) อายุ และขนาดของ PTV

วิธีดำเนินการศึกษา

กลุ่มตัวอย่าง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาแบบเก็บข้อมูลย้อนหลังเก็บข้อมูลในผู้ป่วยมะเร็งท่อน้ำดี มะเร็งกระเพาะอาหาร และมะเร็งตับอ่อน ที่ได้รับการฉายรังสีด้วยเทคนิคปรับความเข้ม ณ หน่วยรังสีรักษากลุ่มงานรังสีวิทยา โรงพยาบาลสกลนคร เก็บข้อมูลระหว่างวันที่ 1 เดือนตุลาคม พ.ศ.2562 ถึงวันที่ 30 เดือนกันยายน พ.ศ. 2564 โดยมีผู้ป่วยทั้งหมด 32 ราย

งานวิจัยนี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร หมายเลขโครงการ P1-0067/2565 และคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์โรงพยาบาลสกลนคร หมายเลขโครงการ SKNH REC No.011/2565

เกณฑ์คัดเข้า ได้แก่ เป็นผู้ป่วยมะเร็งบริเวณช่องท้องส่วนบน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อรักษาให้หายขาด ประกอบด้วย มะเร็งกระเพาะอาหารระยะ T2-T4,N+,R1,R2 มะเร็งท่อน้ำดีระยะ T2-T4,N+,R+ หรือมะเร็งตับอ่อน ระยะ T1-T3,N+,R+ ที่มารับการรักษาโดยวิธีการฉายรังสีด้วยเทคนิคปรับความเข้ม โดยมีอุปกรณ์ยึดตรึง 4 ชนิด ร่วมกันเพื่อยึดตรึงผู้ป่วย ได้แก่ อุปกรณ์รองรับแบบกางปีก (Wing board) ด้านบนมีด้ามสำหรับให้มือจับรูปตัว T สามารถเลื่อนด้ามจับให้สูงหรือต่ำตามตำแหน่งของมือของผู้ป่วยแต่ละรายได้และด้านข้างเป็นบริเวณปีกชนิดคาร์บอนไฟเบอร์สามารถรองรับบริเวณต้นแขน จากบริษัท Klarity รุ่น R632-BTCF (Klarity medical product, Newark, OH, USA) อุปกรณ์รองศีรษะจากบริษัท Klarity รุ่น R504

(Klarity medical product, Newark, OH, USA) อุปกรณ์รองรับเข่า (Knee support) จากบริษัท Klarity รุ่น R634-L-3E (Klarity medical product, Newark, OH, USA) อุปกรณ์เบาะลมสูญญากาศแบบสั่นปรับรูปร่างได้ (Vac lock) จากบริษัท Klarity รุ่น Vacuum Bag R7504 (Klarity medical product, Newark, OH, USA) ดังแสดงในรูปที่ 1 แต่ละราย มีจำนวนครั้ง

ในการเก็บภาพ 3 ครั้งในสัปดาห์แรก และต่อไปสัปดาห์ละ 1 ครั้ง จากแผนการรักษาทั้งหมด 25 ครั้ง (Fraction) เกณฑ์การคัดออก (Exclusion Criteria) ได้แก่ ผู้ป่วยมะเร็งบริเวณช่องท้องส่วนบนที่ฉายรังสีไม่ครบแผนการรักษาหรือมีเป้าหมายการรักษาเพื่อประคับประคองอาการ



ก.



ข.



ค.

รูปที่ 1 แสดงอุปกรณ์ยึดตรึงผู้ป่วย (ก) และการจัดทำผู้ป่วยเมื่อมองด้านหน้าและด้านข้าง (ข และ ค)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บข้อมูลของผู้ป่วย 32 ราย โดยบันทึกข้อมูลทั่วไปของผู้ป่วย ได้แก่ เพศ น้ำหนัก ส่วนสูง ชนิดมะเร็ง จากระบบจัดการโรงพยาบาล (Hospital Management System; HMS) ของโรงพยาบาลสกลนคร ทำการเก็บข้อมูลปริมาตรของ CTV ปริมาตรของ PTV จำนวนครั้งในการเก็บภาพระบบนำวิถีของผู้ป่วยแต่ละราย และค่าความคลาดเคลื่อนจากการจัดทำในแนวศีรษะ-ปลายเท้า แนวซ้าย-ขวา และแนวหน้า-หลัง จากระบบบันทึกและทวนสอบข้อมูลการฉายรังสี (Record and verification system ; R&V System)

จากการสืบค้นข้อมูลย้อนหลัง มีผู้ป่วยมะเร็งบริเวณช่องท้องส่วนบน ที่มารับบริการในโรงพยาบาลสกลนคร การคำนวณกลุ่มตัวอย่างใช้สมการของคุณ Yamane^[9] ดังสมการที่ 1 เมื่อกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 29.26 ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาในผู้ป่วยจำนวน 32 ราย

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} \dots\dots\dots (1)$$

เมื่อ n = จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

e = ค่าความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่าง (0.05)

N = ขนาดของกลุ่มประชากรทั้งหมด (N = 32 ราย)

คำนวณค่าดัชนีมวลกาย (Body mass index; BMI) ในหน่วย กิโลกรัมต่อตารางเมตร จากค่าน้ำหนักและส่วนสูงของผู้ป่วย ดังสมการที่ 2

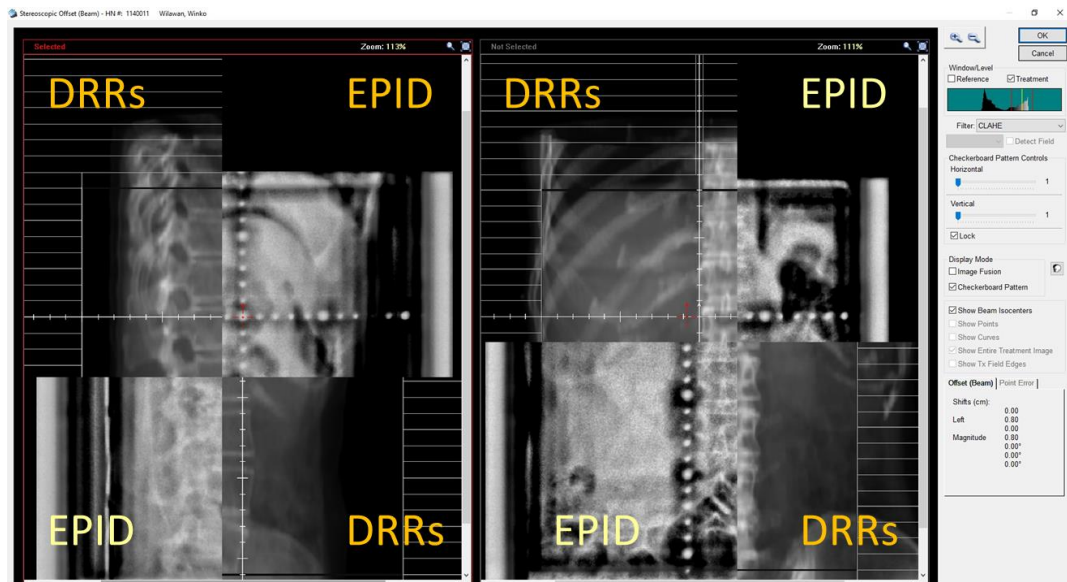
$$BMI = \frac{\text{น้ำหนัก (กิโลกรัม)}}{\text{ส่วนสูง (เมตร)}^2} \dots\dots\dots (2)$$

ผู้ป่วยทุกรายที่ผู้วิจัยเก็บข้อมูล จะผ่านกระบวนการทางรังสี ได้แก่ การจำลองการรักษา ด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษา (GE OPTIMA 580, GE medical system, Milwaukee, WI, USA) จำนวน 16 สไลด์ ขนาดความกว้างของอุโมงค์ 80 เซนติเมตร พารามิเตอร์ในการสร้างภาพ คือ ความต่างศักย์ 120 kVp กระแสหลอด (mAs) แบบอัตโนมัติ ความหนาของสไลด์ 2.5 มิลลิเมตร โดยใช้ชุดอุปกรณ์ยึดตรึงได้แก่ อุปกรณ์รองรับแบบกางปีก (Wing board) อุปกรณ์รองศีรษะ (Head support) อุปกรณ์รองรับเข่า (Knee support) อุปกรณ์เบาะลมสูญญากาศปรับรูปร่างได้ (Vac lock) ดังแสดงใน รูปที่ 1 ซึ่งผู้ป่วยทุกรายใช้อุปกรณ์เช่นเดียวกัน หลังจากนั้นขีดเส้นลงบนลำตัวของผู้ป่วยเพื่อแสดงตำแหน่งของเส้นเลเซอร์ซึ่งกำหนดเป็นจุดอ้างอิง (Reference) ทำการสแกนผู้ป่วย 2 ชุด แบบไม่ใช้และใช้สารทึบรังสี ระยะที่สแกนจากกึ่งกลางกะบังลม (Mid diaphragm) ถึงขอบกระดูกอุ้งเชิงกราน (Iliac crest) และส่ง

ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์เข้าเครื่องคอมพิวเตอร์วางแผนการรักษา ซึ่งในกระบวนการนี้รังสีแพทย์วาดขอบเขตของก้อนมะเร็งและอวัยวะเสี่ยง และนักฟิสิกส์การแพทย์ทำการวางแผนการรักษาโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์วางแผนการรักษารุ่น Monaco (Elekta, Crawley, UK) จากนั้นสร้างภาพ Digitally reconstructed radiographs (DRRs) ได้แก่ ภาพแนวหน้าหลัง (AP view) และภาพในแนวซ้ายขวา (Lateral view) เพื่อใช้เป็นภาพอ้างอิงในการเปรียบเทียบกับภาพจาก Electronic imaging device (EPID) รุ่น AP (Elekta, Crawley, UK) ผลผลิตจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน ที่ได้จากการถ่ายภาพผู้ป่วยในห้องฉายรังสี โดยภาพ EPID จะถูกถ่ายด้วยรังสีเอกซ์พลังงาน 6 MV จำนวน 2 MU

เพื่อตรวจสอบตำแหน่งของผู้ป่วยในห้องฉายก่อนการฉายรังสี ทำได้โดยการตรวจสอบการรักษาด้วย EPID โดยถ่ายภาพ

เอกซเรย์ผู้ป่วยด้วยเครื่องฉายรังสีลงบน EPID การประเมินตำแหน่งของผู้ป่วยโดยการนำภาพ EPID เปรียบเทียบกับภาพ DRRs ด้วยโปรแกรม Image registration แบบออนไลน์ในระบบ R&V System ยี่ห้อ Mosaiq รุ่น 2.64 (IMPACT medical system, Sunnyvale, CA, USA) ดังรูปที่ 2 ดำเนินการตรวจสอบความตรงกันของภาพด้านตรงและด้านข้างจากการซ้อนทับกันของกระดูก (Bony Landmark) พิจารณาบริเวณกระดูกอุ้งเชิงกรานและกระดูกสันหลังส่วน Thoracic spine และ Lumbar spine โดยนักรังสีการแพทย์จำนวน 1 คนที่มีประสบการณ์การทำงานอย่างน้อย 4 ปี หลังจากนั้นได้รับการตรวจสอบซ้ำโดยรังสีแพทย์ หากภาพทั้งสองไม่ตรงกัน ให้เลื่อนตำแหน่งของภาพ EPID ให้ตรงกับภาพ DRRs จากนั้นระบบจะแสดงค่าเดียวที่เปลี่ยนแปลงที่แสดงถึงตำแหน่งการฉายรังสีที่คลาดเคลื่อนไป



รูปที่ 2 แสดงหน้าต่างของการซ้อนทับภาพด้วยโปรแกรม Image Registration แบบออนไลน์ในระบบ Mosaiq รุ่น 2.64 ในการเปรียบเทียบภาพ EPID และ DRRs

การตรวจสอบตำแหน่งของการฉายรังสีของผู้ป่วย จะทำใน 3 ครั้งแรกของการฉายรังสีและสัปดาห์ละ 1 ครั้ง โดยแต่ละครั้งจะมีการถ่ายภาพแบบหน้าไปหลัง (Anteroposterior; AP) และแบบด้านข้าง (Lateral; LAT) อย่างละ 1 ภาพ จนกว่าผู้ป่วยจะได้รับการฉายรังสีครบตามที่แพทย์กำหนด ค่าความคลาดเคลื่อนจากการจัดทำในทุกครั้งจะถูกบันทึกในระบบ Mosaiq โดยค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการใช้โปรแกรม Registration ของภาพระหว่างภาพ EPID และ DRRs จะถูกคำนวณใน 3 ทิศทาง ได้แก่ แนวศีรษะ-ปลายเท้า แนวซ้าย-ขวา

และแนวหน้า-หลัง และหากมีค่าเกินกำหนดจะทำการขยับเตียงก่อน จากนั้นผู้ป่วยจะได้รับการฉายรังสีด้วยเทคนิคการฉายรังสีแบบปรับความเข้มตามแผนการรักษาที่กำหนดด้วยเครื่องฉายรังสี Elekta รุ่น Synergy® Platform (Elekta, Crawley, UK)

การหาค่าความคลาดเคลื่อน

1. ค่าความคลาดเคลื่อนแบบระบบ และแบบกลุ่มของผู้ป่วยแต่ละราย

ค่าความคลาดเคลื่อนจากการจัดท่าที่เกิดขึ้นในทุกครั้งของการสร้างภาพนำวิถี ได้แก่ ค่าความคลาดในแนวศีรษะ-ปลายเท้า แนวซ้าย-ขวา และแนวหน้า-หลัง ของผู้ป่วยทั้งหมดที่ถูกบันทึก นำมาคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนแบบระบบของผู้ป่วยแต่ละราย (Individual systematic error; ind) และค่าความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มของผู้ป่วยแต่ละราย (Individual random error; σ_{ind})

ค่าความคลาดเคลื่อนแบบระบบของผู้ป่วยแต่ละราย (ind) คำนวณได้จากสมการที่ 3

$$\text{Systematic error} = \sum ind = \frac{\sum_i \Delta i}{N} \dots\dots\dots (3)$$

เมื่อ N แทน จำนวนภาพ EPID

Δi แทน ค่าความคลาดเคลื่อนจากการจัดท่าในทิศทางต่างๆ ในแต่ละครั้งของการฉายรังสี

i แทน จำนวนครั้งที่ทำการถ่ายภาพ EPID โดย i มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง N

ค่าความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มของผู้ป่วยแต่ละราย (σ_{ind}) คำนวณได้จากสมการที่ 4

$$\text{Random error} = \sigma_{ind} = \sqrt{\frac{\sum_i (\Delta i - \sum ind)^2}{N-1}} \dots\dots\dots (4)$$

นำค่า $\sum ind$ และ σ_{ind} ไปคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนแบบระบบและแบบสุ่มของประชากร ต่อไป

2. ค่าความคลาดเคลื่อนแบบระบบ และแบบสุ่มของประชากร

ค่าความคลาดเคลื่อนแบบระบบของกลุ่มประชากร (Population systematic errors; $\sum pop$) หาได้จากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ($\sum ind$) ของผู้ป่วยทั้งหมด และค่าความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มของกลุ่มประชากร (Population random errors; σ_{pop}) ซึ่งหาได้จากค่าเฉลี่ยของค่า (σ_{ind}) ของผู้ป่วยทั้งหมด

3. ค่า CTV to PTV margin

ค่า CTV to PTV margin สามารถคำนวณจากการนำค่าความคลาดเคลื่อนแบบระบบของกลุ่มประชากร (σ_{pop}) และค่าความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มของกลุ่มประชากร ไปหาค่า CTV to PTV margin ซึ่งปัจจุบันนิยมใช้การคำนวณโดยใช้สมการของ

Van Herk^[10] โดยมีข้อกำหนดว่าร้อยละ 90 ของ CTV จะได้รับปริมาณรังสีอย่างน้อยร้อยละ 95 ของปริมาณรังสีที่รังสีแพทย์กำหนด ซึ่งคำนวณได้ดังสมการ

$$\text{CTV to PTV margin} = (2.5\sum pop + 0.7\sigma_{pop}) \dots\dots\dots (5)$$

โดยค่า CTV to PTV margin ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ เป็นข้อมูลที่พิจารณาเพียงความคลาดเคลื่อนระหว่างครั้งที่ฉายรังสีที่เป็นการเลื่อนตำแหน่ง (Inter-fraction translational errors) เท่านั้น ไม่ได้พิจารณาถึง Systematic errors ที่จากการวาดขอบเขตของก้อนมะเร็ง หรือความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นภายในครั้งที่ฉายรังสี (intra-fraction errors)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลของผู้ป่วย เช่น น้ำหนัก ส่วนสูง ค่าปริมาตร PTV นำเสนอด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จำนวนผู้ป่วยตามชนิดมะเร็ง เพศ จำนวนครั้งในการสร้างภาพ นำเสนอเป็นร้อยละ ค่าความคลาดเคลื่อนจากการจัดท่าที่เกิดขึ้นในทุกครั้งของการสร้างภาพนำวิถี ได้แก่ ค่าความคลาดในแนวศีรษะ-ปลายเท้า แนวซ้าย-ขวา และแนวหน้า-หลัง จะถูกนำเสนอในรูปแบบของกราฟแสดงการกระจายของค่าความคลาดเคลื่อนทั้งหมดที่เกิดขึ้นในแต่ละแนว และนำเสนอด้วย ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีมวลกาย กับค่าความคลาดเคลื่อนแบบระบบและสุ่มทั้ง 3 แนวของผู้ป่วยแต่ละรายโดยใช้การหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงอันดับของสเปียร์แมน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อ p-value น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีความสัมพันธ์กันทางสถิติ

ค่า $\sum ind$ และ σ_{ind} ในแต่ละแนวนำเสนอการกระจายของข้อมูลด้วยกราฟ Box plot และรายงาน $\sum pop$ ค่า σ_{ind} และ CTV to PTV margin ในแต่ละแนวด้วยตาราง โดยวิเคราะห์ผลจากโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซล (Microsoft Excel) และโปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 17

ผลการศึกษา

ข้อมูลผู้ป่วย

จากการเก็บข้อมูลพบว่า มีผู้ป่วยที่เข้าเกณฑ์ทั้งหมด 32 ราย ดังแสดงในตารางที่ 1 เป็นเพศชาย 19 ราย คิดเป็นร้อยละ 59.38 เป็นเพศหญิง 13 ราย คิดเป็นร้อยละ 40.62 จำแนกเป็นมะเร็งตับอ่อน 4 ราย คิดเป็นร้อยละ 12.50 มะเร็งกระเพาะอาหาร 18 ราย คิดเป็นร้อยละ 56.25 มะเร็งท่อน้ำดี 10 ราย คิด

เป็นร้อยละ 31.25 และไม่มีผู้ป่วยมะเร็งตับที่รักษาด้วยการฉายรังสีแบบปรับความเข้ม โดยได้ทำ EPID ทั้งหมด 167 ครั้ง (จำนวน 334 ภาพ) ค่าเฉลี่ยในการสร้างภาพของผู้ป่วยแต่ละรายเท่ากับ 5.22 ± 0.61 ครั้ง จำนวนครั้งแจกแจงตามชนิดของมะเร็ง และจำนวนภาพแจกแจงตามชนิดของมะเร็ง แสดงในตารางที่ 1 เมื่อแบ่งเป็นการสร้างภาพในครั้ง 1-3 ของการฉายรังสีได้จำนวน 192 ภาพ ที่เหลือ 142 ภาพ เป็นการสร้างภาพในสัปดาห์ที่ 2 เป็นต้นไป

โดยเป็นการสร้างภาพของมะเร็งตับอ่อน 23 ครั้ง มะเร็งกระเพาะอาหาร 93 ครั้ง และมะเร็งท่อน้ำดี 51 ครั้ง จากการคำนวณหา BMI ของผู้ป่วยพบว่าค่าดัชนีมวลกาย (BMI) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.95 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.73 ค่าสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 27.33 และ 15.43 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ โดยมีการแจกแจงค่า BMI ในแต่ละชนิดของมะเร็งดังแสดงในตารางที่ 1

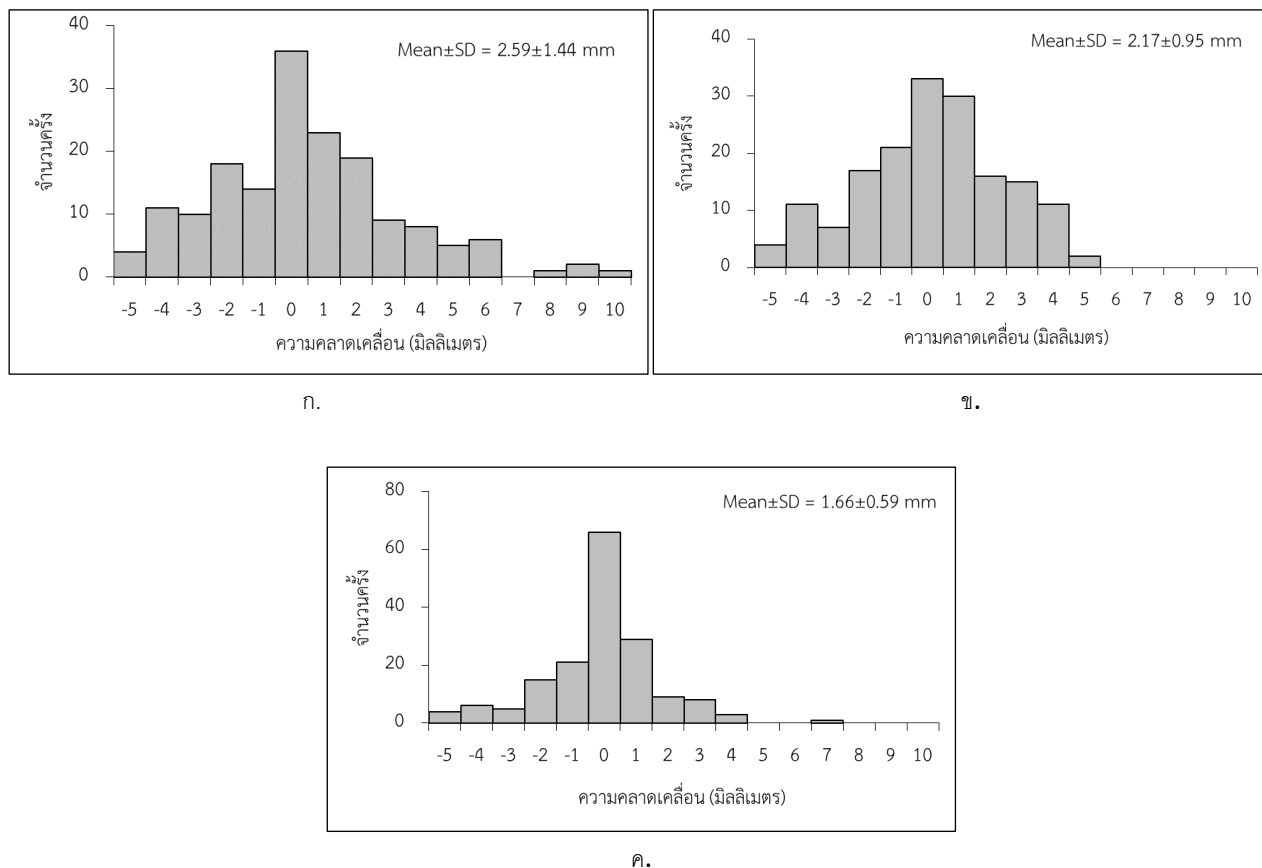
ตารางที่ 1 แสดงจำนวนผู้ป่วย คุณลักษณะของผู้ป่วยในการศึกษาครั้งนี้ และจำนวนครั้งในการสร้างภาพนำวิถี

	รายการ	ข้อมูล
จำนวนผู้ป่วยทั้งหมด (ราย)		32 (100)
จำนวนผู้ป่วยแยกตามชนิดมะเร็ง (ราย (ร้อยละ))	มะเร็งตับอ่อน	4 (12.50)
	มะเร็งกระเพาะอาหาร	18 (56.25)
	มะเร็งท่อน้ำดี	10 (31.25)
ขนาดของ Clinical target volume (ลูกบาศก์เซนติเมตร), Mean $\pm$ SD	มะเร็งตับอ่อน (n=4)	48.07 $\pm$ 20.22
	มะเร็งกระเพาะอาหาร (n=18)	74.94 $\pm$ 22.79
	มะเร็งท่อน้ำดี (n=10)	59.68 $\pm$ 28.20
	รวม (n=32)	66.60 $\pm$ 25.72
ขนาดของ Planning target volume (ลูกบาศก์เซนติเมตร), Mean $\pm$ SD	มะเร็งตับอ่อน (n=4)	633.51 $\pm$ 246.99
	มะเร็งกระเพาะอาหาร (n=18)	952.59 $\pm$ 265.87
	มะเร็งท่อน้ำดี (n=10)	843.31 $\pm$ 251.09
	รวม (n=32)	878.56 $\pm$ 272.58
เพศ (ราย (ร้อยละ))	ชาย	19 (59.38)
	หญิง	13 (40.62)
อายุ (ปี), Mean $\pm$ SD	เฉลี่ยจากผู้ป่วยทั้งหมด	50.29 $\pm$ 9.25
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	เฉลี่ยจากผู้ป่วยทั้งหมด	50.11 $\pm$ 9.25
ส่วนสูง (เมตร)	เฉลี่ยจากผู้ป่วยทั้งหมด	1.57 $\pm$ 0.09
BMI (กิโลกรัมต่อตารางเมตร), Mean $\pm$ SD	มะเร็งตับอ่อน (n=4)	20.85 $\pm$ 2.21
	มะเร็งกระเพาะอาหาร (n=17)	19.23 $\pm$ 2.68
	มะเร็งท่อน้ำดี (n=10)	20.40 $\pm$ 3.04
	รวม (n=31)	19.78 $\pm$ 2.75
จำนวนครั้งในการสร้างภาพ (ครั้ง (ร้อยละ))	มะเร็งตับอ่อน (n=4)	23 (13.77)
	มะเร็งกระเพาะอาหาร (n=18)	93 (55.69)
	มะเร็งท่อน้ำดี (n=10)	51 (30.54)
	รวม (n=32)	167 (100)
จำนวนภาพ (ภาพ (ร้อยละ))	มะเร็งตับอ่อน (n=4)	46 (13.17)
	มะเร็งกระเพาะอาหาร (n=18)	186 (55.69)
	มะเร็งท่อน้ำดี (n=10)	102 (30.54)
	รวม (n=32)	334 (100)

ความคลาดเคลื่อนจากการจัดท่า (Setup error)

ค่าความคลาดเคลื่อนจากการจัดท่าผู้ป่วยทั้ง 32 ราย 167 ครั้ง พบว่าในแนวศีรษะ-ปลายเท้า แนวซ้าย-ขวา และแนวหน้า-หลัง พบว่ามีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.59 ± 1.44 (ช่วง -5.00 ถึง 10.00 มิลลิเมตร) 2.17 ± 0.95 (ช่วง

-5.00 ถึง 5.00 มิลลิเมตร) และ 1.66 ± 0.5 มิลลิเมตร (ช่วง -5.00 ถึง 7.00 มิลลิเมตร) ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 3 โดยการกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อนในการจัดท่าทั้ง 3 แนว มีค่าส่วนใหญ่อยู่ที่ 0 มิลลิเมตร



รูปที่ 3 กราฟฮิสโตแกรมแสดงการกระจายของค่าความคลาดเคลื่อนจากการจัดท่าของผู้ป่วยในแนวศีรษะ-ปลายเท้า (ก) แนวซ้าย-ขวา (ข) และ แนวหน้า-หลัง (ค)

ค่าความคลาดเคลื่อนแบบระบบ และแบบสุ่มของผู้ป่วยแต่ละราย

ค่าความคลาดเคลื่อนแบบระบบและแบบสุ่มของผู้ป่วยแต่ละราย แสดงในรูปที่ 4 ซึ่งมีช่วงของค่าความคลาดเคลื่อนแบบระบบและแบบสุ่มในผู้ป่วยแต่ละรายในแนวศีรษะ-ปลายเท้าอยู่ในช่วง -2.00 ถึง 5.40 และ 0.82 ถึง 5.89 (ตามลำดับ) ค่าความคลาดเคลื่อนแบบระบบและแบบสุ่มในผู้ป่วยแต่ละรายในแนวซ้าย-ขวาอยู่ในช่วง -1.75 ถึง 1.67 และ 0.45 ถึง 3.59 (ตามลำดับ) ค่าความคลาดเคลื่อนแบบระบบและแบบสุ่มในผู้ป่วยแต่ละรายในแนวหน้า-หลังอยู่ในช่วง -1.40 ถึง 0.80 และ 0.40 ถึง 4.51 (ตามลำดับ)

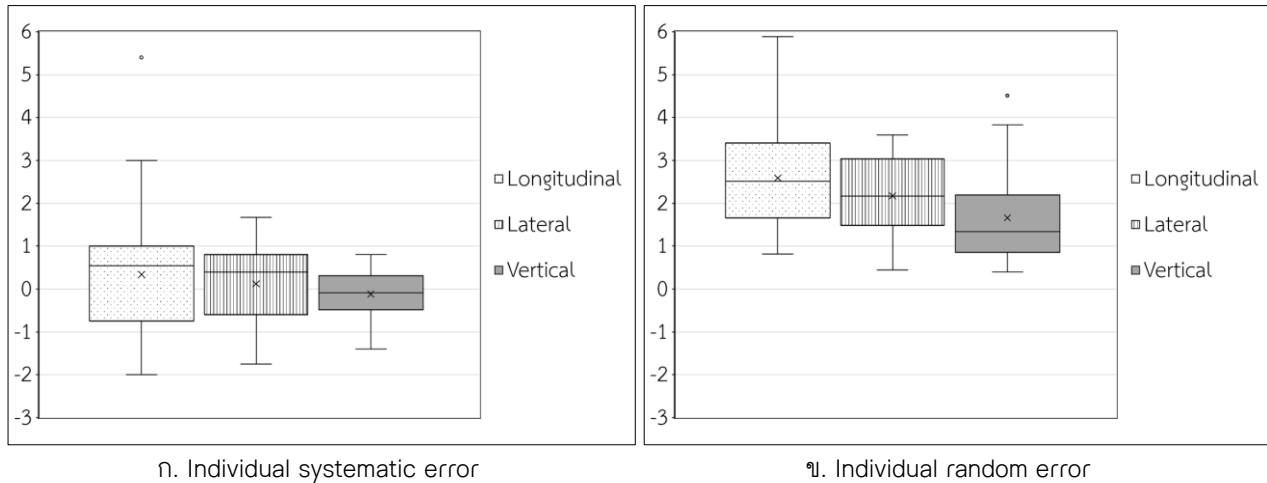
ค่าความคลาดเคลื่อนแบบระบบ และแบบสุ่มของกลุ่มประชากร

จากผลการทดลองในตารางที่ 2 พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนแบบระบบของการจัดท่าจากกลุ่มประชากร ในแนวศีรษะ-ปลายเท้า แนวซ้าย-ขวา และแนวหน้า-หลังมีค่าเท่ากับ 1.44 0.95 และ 0.59 มิลลิเมตร ตามลำดับ ค่าความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มของการจัดท่าจากกลุ่มประชากร ในแนวศีรษะ-ปลายเท้า แนวซ้าย-ขวา และแนวหน้า-หลังมีค่าเท่ากับ 2.59 2.17 และ 1.66 มิลลิเมตร ตามลำดับ

CTV to PTV margin

ค่า CTV to PTV margin ของการจัดทำผู้ป่วยมะเร็งบริเวณช่องท้องส่วนบนแสดงดังตารางที่ 2 โดย ค่าความคลาดเคลื่อนแบบระบบของกลุ่มประชากร ในแนวศีรษะ-ปลายเท้า แนวซ้าย-ขวา และแนวหน้า-หลัง มีค่าเท่ากับ 1.44 0.95 และ 0.59 มิลลิเมตร ตามลำดับ ค่าความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มของกลุ่ม

ประชากร ในแนวศีรษะ-ปลายเท้า แนวซ้าย-ขวา และแนวหน้า-หลังมีค่าเท่ากับ 2.59 2.17 และ 1.66 มิลลิเมตร ตามลำดับ เมื่อคำนวณค่า CTV to PTV margin ได้ค่าในแนวศีรษะ-ปลายเท้า แนวซ้าย-ขวา และแนวหน้า-หลังมีค่าเท่ากับ 5.42 3.89 และ 2.62 มิลลิเมตร ตามลำดับ พบว่าในแนวศีรษะ-ปลายเท้ามีค่าเกิน 5 มิลลิเมตร



รูปที่ 4 ค่าความคลาดเคลื่อนแบบระบบ (ก) และแบบสุ่ม (ข) ของผู้ป่วยแต่ละราย จำนวน 32 ราย ในแนวศีรษะ-ปลายเท้า (Longitudinal) แนวซ้าย-ขวา (Lateral) และ แนวหน้า-หลัง (Vertical)

ตารางที่ 2 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนแบบระบบของกลุ่มประชากร (pop) ค่าความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มของกลุ่มประชากร (σ_{pop}) และค่า CTV to PTV margin ของการจัดทำผู้ป่วยมะเร็งบริเวณช่องท้องส่วนบน ใน 3 แนว

ความคลาดเคลื่อนจากการจัดทำ	แนวศีรษะ-ปลายเท้า	แนวซ้าย-ขวา	แนวหน้า-หลัง
pop (มิลลิเมตร)	1.44	0.95	0.59
σ_{pop} (มิลลิเมตร)	2.59	2.17	1.66
CTV to PTV margin (มิลลิเมตร)	5.42	3.89	2.62

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนจากการจัดทำ กับค่าดัชนีมวลกาย (BMI) อายุ และปริมาตรของ PTV

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนแบบระบบและสุ่มของผู้ป่วยแต่ละราย กับค่าดัชนีมวลกาย อายุ และปริมาตรของ PTV พบว่าสัมพันธ์กับดัชนีมวลกาย

สเปียร์แมนมีค่าส่วนใหญ่เข้าใกล้ศูนย์ ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยค่าความคลาดเคลื่อนแบบระบบและค่าความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม ไม่มีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีมวลกาย ที่ค่า p-value มากกว่า 0.05 ทั้ง 3 แนว

ตารางที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนแบบระบบและแบบสุ่ม กับค่าดัชนีมวลกาย อายุ และปริมาตรของ PTV ใน 3 ทิศทาง

ค่าปัจจัย		ความคลาดเคลื่อนแบบระบบ			ความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม		
		แนวศีรษะ-ปลายเท้า	แนวซ้าย-ขวา	แนวหน้า-หลัง	แนวศีรษะ-ปลายเท้า	แนวซ้าย-ขวา	แนวหน้า-หลัง
BMI (n=31)	r	0.048	0.244	-0.042	0.277	0.002	-0.037
	p- value	0.797	0.186	0.822	0.131	0.993	0.843
อายุ (n=32)	r	-0.264	-0.006	0.058	0.032	0.178	0.067
	p- value	0.145	0.974	0.751	0.862	0.329	0.717
PTV (n=32)	r	-0.264	-0.006	0.058	0.032	0.178	0.067
	p- value	0.145	0.974	0.751	0.862	0.329	0.717

*p-value < 0.05 หมายความว่า มีความสัมพันธ์กัน, BMI = Body mass index, PTV = Planning target volume, r= ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงอันดับของสเปียร์แมน, n= จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

วิจารณ์ผลการศึกษา

จากผลการศึกษาค่าความคลาดเคลื่อนจากการจัดทำผู้ป่วยแต่ละรายพบว่าค่าที่มากที่สุดอยู่ในแนวศีรษะ-ปลายเท้า ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10 มิลลิเมตร โดยที่ค่าความคลาดเคลื่อนจากการจัดทำในแนวบวก (ด้านศีรษะ) มีค่ามากกว่าในแนวลบ (ด้านปลายเท้า) อาจจะเป็นผลมาจากการยกกระดานของผู้ป่วยที่ไม่สม่ำเสมอถึงแม้จะมีการใช้อุปกรณ์ยึดตรึงแบบกางปีก (Wing board) ก็ตาม โดยผลความคลาดเคลื่อนจากการจัดทำของกลุ่มประชากรพบว่าทั้งค่าความคลาดเคลื่อนแบบระบบและสุ่มในแนวศีรษะ-ปลายเท้ามีค่ามากที่สุด โดยค่าความคลาดเคลื่อนแบบระบบอาจเกิดจากความคลาดเคลื่อนทางเครื่องมือ โดยรวมถึงความร่วมมือและความเข้าใจของผู้ป่วย ลักษณะของผิวหนังที่เขียนจุดอ้างอิง รวมทั้งความใส่ใจของนักรังสีการแพทย์ขณะทำการยึดตรึงผู้ป่วยด้วยอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับผู้ป่วยแต่ละราย ก็อาจเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการจัดทำผู้ป่วย และค่าความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มอาจเกิดจากความคลาดเคลื่อนจากการจัดทำในแต่ละครั้ง การเคลื่อนไหวของอวัยวะ เช่น ลำไส้ รวมทั้งสาเหตุอื่นๆ ที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้

จากการคำนวณค่า CTV to PTV margin โดยใช้สมการของ Van Herk^[10] พบว่าค่า CTV to PTV margin ในแนวศีรษะ-ปลายเท้า แนวซ้าย-ขวา และแนวหน้า-หลัง มีค่าเท่ากับ 5.42 3.89 และ 2.62 มิลลิเมตร ตามลำดับ การที่แนวศีรษะ-ปลายเท้ามีค่ามากกว่า 5 มิลลิเมตร อาจเนื่องมาจากการเคลื่อนไหวจากการหายใจของผู้ป่วยซึ่งช่องท้องส่วนบนจะมีการเคลื่อนไหว

ค่อนข้างมาก ทั้งนี้อาจจะเกิดจากการใช้อุปกรณ์ยึดตรึงผู้ป่วยถึงแม้จะใช้อุปกรณ์รองรับแบบกางปีก (Wing board) ขณะฉายรังสีเพื่อให้ผู้ป่วยยกแขนในระดับเดิม แต่อย่างไรก็ตามในบางครั้งก็ไม่สามารถทำให้แขนของผู้ป่วยยกระดับได้เท่าเดิมในทุกการฉายรังสี ซึ่งแนวศีรษะ-ปลายเท้าที่มีความคลาดเคลื่อนมากที่สุด สอดคล้องกับผลการทดลองในงานวิจัยก่อนหน้านี้ของ Leszczynska P และคณะ^[7] และ Tong Y และคณะ^[8]

ค่า CTV to PTV margin มีความเกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ยึดตรึงที่ใช้ในการจัดทำ โดยเมื่อเปรียบเทียบงานวิจัยนี้กับงานวิจัยก่อนหน้านี้ของคุณ Leszczynska P และคณะ^[7] ซึ่งศึกษาค่า CTV to PTV margin ในมะเร็งกระเพาะอาหาร โดยผู้ป่วยได้รับการยึดตรึงแบบหน้าอก และระบบการสร้างภาพแบบ 2D/2D kV IGRT รักษาด้วยเทคนิค IMRT ผลการทดลองจากงานวิจัยนี้พบว่าค่า CTV to PTV margin อยู่ภายใน 6 มิลลิเมตร ในขณะที่งานวิจัยของคุณ Leszczynska P และคณะ มีค่า CTV to PTV margin อยู่ภายใน 0.3 มิลลิเมตร ทั้งนี้อาจจะเป็นผลมาจากอุปกรณ์ยึดตรึงที่ใช้ ซึ่งหน้าอกสามารถยึดตรึงผู้ป่วยให้มีความเที่ยงตรงได้มากกว่า Vac lock นั้นเอง

นอกจากนี้ค่า CTV to PTV margin ยังขึ้นกับระบบการสร้างภาพนาวิทีที่สถาบันเลือกใช้ด้วย ดังจะเห็นได้ว่า งานวิจัยก่อนหน้านี้ของ Tong Y และคณะ^[8] ได้ทำการหาค่า CTV to PTV margin สำหรับมะเร็งบริเวณต่าง ๆ ซึ่งรวมถึงในผู้ป่วยมะเร็งช่องท้องส่วนบน (n= 20 ราย) จากเครื่องฉายรังสีเกลียวหมุน (Tomotherapy) ร่วมกับเทคนิคปรับความเข้ม ตรวจสอบการ

รักษาด้วยการใช้ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ระดับพลังงานเมกะโวลต์ (MVCT) พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนที่มากที่สุดสำหรับแนวซ้าย-ขวา หน้า-หลัง และศีรษะ-ปลายเท้า เท่ากับ 8.9, 7.7 และ 13.6 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งค่า margin ที่ได้แตกต่างกับการศึกษาในครั้งนี้ ทั้งนี้อาจมาจากใช้ระบบในการสร้างภาพ IGRT ต่างกัน

สำหรับเทคนิคการรักษามะเร็งก็เป็นส่วนหนึ่งที่ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของการจัดท่า จากงานวิจัยของ Chu KY และคณะ^[11] ศึกษาในผู้ป่วยมะเร็งตับ มะเร็งตับอ่อน มะเร็งต่อมน้ำเหลืองในช่องท้อง จากการใช้การฉายรังสีร่วมพิภัก (Stereotactic body radiation; SBRT) พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนจากการจัดท่าอยู่ในช่วง 0.6 ถึง 3.3 มิลลิเมตร โดยที่ค่าความคลาดคลาดจากการจัดท่าในแนวศีรษะ-ปลายเท้ามีค่ามากที่สุดเช่นเดียวกับที่พบในการศึกษาในครั้งนี้ แต่ค่าความคลาดเคลื่อนจากการศึกษาในครั้งนี้มีค่ามากที่สุดถึง 10 มิลลิเมตร ในแนวศีรษะ-ปลายเท้า (n=1) สำหรับผู้ป่วยมะเร็งกระเพาะอาหาร ทั้งนี้การฉายรังสีร่วมพิภัก ต้องการความถูกต้องและเที่ยงตรงในการจัดท่ามากกว่าการฉายรังสีด้วยเทคนิคปรับความเข้ม ดังนั้นค่าความคลาดเคลื่อนจึงน้อยกว่าที่พบจากงานวิจัยนี้

จาก ICRU 83^[2] ได้แนะนำให้แต่ละโรงพยาบาลมีการกำหนดขอบเขตของ CTV to PTV margin ของแต่ละโรงพยาบาล เนื่องจากโรงพยาบาลแต่ละแห่งมีการใช้เทคนิคการจัดท่าผู้ป่วยคนละเทคนิค มีการเลือกใช้อุปกรณ์ยึดตรึงผู้ป่วยที่แตกต่างกัน มีการเลือกใช้ระบบภาพนำวิถีที่แตกต่างกันและความถี่ที่ใช้ในการถ่ายภาพเพื่อตรวจสอบตำแหน่งที่ต่างกัน โดยที่หากผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีไม่ครอบคลุมขอบเขต CTV to PTV margin ก็จะทำให้ก้อนมะเร็งได้รับปริมาณรังสีน้อยเกินไป จึงอาจทำให้ไม่หายขาดจากโรคที่เป็น และหากผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีมากเกินไปขอบเขต CTV to PTV margin ก็จะทำให้ก่อพิษข้างเคียงได้รับปริมาณรังสีมากเกินไปจนเกิดความจำเป็นก่อให้เกิดผลข้างเคียงที่มากได้ ดังนั้นการคำนวณหาค่า CTV to PTV margin จึงมีประโยชน์ในการทำให้ก้อนมะเร็งได้รับปริมาณรังสีที่ตรงตามแผนการรักษาที่แพทย์ได้วางไว้ อีกทั้งยังช่วยลดผลข้างเคียงแก้อวัยวะข้างเคียงก้อนมะเร็งอีกด้วย

โรงพยาบาลสกลนครได้มีการกำหนดค่า CTV to PTV margin ในการฉายรังสีเทคนิคปรับความเข้มในผู้ป่วยมะเร็งบริเวณช่องท้องส่วนบนเท่ากับ 5 มิลลิเมตร (PTV = CTV + 5 มิลลิเมตร) ตามคำแนะนำในการวาดคอนทัวร์ของ RTOG 0848^[12] ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าค่า CTV to PTV margin ที่คำนวณได้มีค่าไม่เกิน 5 มิลลิเมตร ยกเว้นในแนวศีรษะ-ปลาย

เท้า ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.42 มิลลิเมตร ดังนั้นผลจากการทดลองนี้อาจจะใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาค่า CTV to PTV margin ทางโรงพยาบาลสกลนครได้ ทั้งนี้การกำหนด CTV to PTV margin อาจมีค่าตั้งแต่ 5 ถึง 15 มิลลิเมตร ขึ้นอยู่กับประเภทของอุปกรณ์ยึดตรึงและการเลือกใช้ระบบภาพนำวิถี^[13]

การศึกษาในครั้งนี้พบว่าความสัมพันธ์ค่าดัชนีมวลกาย (BMI) กับค่าความคลาดเคลื่อนแบบระบบและแบบสุ่มของผู้ป่วยแต่ละรายไม่มีความสัมพันธ์กัน อาจเนื่องมาจากกลุ่มผู้ป่วยที่ได้ศึกษามีการกระจายของค่าดัชนีมวลกาย (BMI) ที่น้อยโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.95 ± 2.73 กิโลกรัมต่อตารางเมตร จากงานวิจัยของ Wang D และคณะ^[14] ได้ทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีมวลกาย (BMI) กับความหนาของไขมันใต้ผิวหนังหน้าท้องและค่าความคลาดเคลื่อนจากการจัดท่าของผู้ป่วยมะเร็งปากมดลูกหลังผ่าตัด ในกลุ่มตัวอย่าง 92 ราย พบว่าค่าดัชนีมวลกาย (BMI) เฉลี่ยเท่ากับ 22.1 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ค่าดัชนีมวลกาย (BMI) ต่ำสุดและสูงสุด คือ 15.2 และ 29.7 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีมวลกาย (BMI) กับค่าความคลาดเคลื่อนจากการจัดท่าของผู้ป่วยในแนวหน้า-หลัง และแนวซ้าย-ขวา ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ แต่ในแนวศีรษะ-ปลายเท้ามีความสัมพันธ์กันซึ่งแตกต่างกับการศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งอาจเนื่องมาจากค่าดัชนีมวลกาย (BMI) เฉลี่ยจากงานวิจัยของ Wang D และคณะ มีค่ามากกว่าการศึกษาในครั้งนี้ เป็นมะเร็งต่างชนิดกัน จำนวนผู้ป่วยในการศึกษานี้มีจำนวนน้อยกว่างานวิจัย Wang D และคณะ ดังนั้นการศึกษาในอนาคตอาจเก็บข้อมูลผู้ป่วยให้มีจำนวนมากกว่านี้

เมื่อพิจารณาขนาดของ PTV พบว่าไม่สัมพันธ์กับค่าความคลาดเคลื่อนทั้ง 2 ชนิด อาจเนื่องมาจากระบบการสร้างภาพ EPID เป็นการใส่กระดุกในการเปรียบเทียบระหว่างภาพ EPID กับภาพอ้างอิง ซึ่งไม่ได้สัมพันธ์กับขนาดของ PTV ดังนั้นจึงไม่พบความสัมพันธ์กัน ทั้งนี้หากมีการศึกษาในระบบการสร้างภาพนำวิถีอื่นที่เปรียบเทียบขนาดของ PTV อาจจะได้ผลการทดลองที่แตกต่างไปจากงานวิจัยนี้

ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้ คือ ประเด็นที่หนึ่ง คือ ไม่มีการรายงานมะเร็งตับในงานวิจัยนี้ซึ่งมะเร็งตับถือเป็นหนึ่งในมะเร็งช่องท้องส่วนบน อาจเนื่องมาจากผู้ป่วยมะเร็งตับของโรงพยาบาลสกลนครรักษาด้วยวิธีอื่น หรือผู้ป่วยมะเร็งตับที่เข้ามารักษาด้วยเทคนิคปรับความเข้ม นั้นไม่ได้อยู่ในช่วงเวลาที่กำหนดในการเก็บข้อมูล ประเด็นที่สองคือ ข้อจำกัดทางเครื่องมือตรวจสอบภาพนำวิถี ซึ่งทางโรงพยาบาลสกลนครมี

เฉพาะ EPID ภาพที่แสดงเป็น 2 มิติ เท่านั้น ประเด็นที่ 3 คือค่า CTV to PTV margin ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ เป็นข้อมูลที่พิจารณาเพียงความคลาดเคลื่อนระหว่างครั้งที่ฉายรังสีที่เป็น การเลื่อนตำแหน่ง (Inter-fraction translational errors) เท่านั้น ไม่ได้พิจารณาถึง Systematic errors ที่จากการวาดขอบเขตของก้อนมะเร็ง หรือความคลาดเคลื่อนที่เกิดภายในครั้งที่ฉายรังสี (Intra-fraction errors) และประเด็นที่ 4 งานวิจัยนี้ ไม่ได้จำแนกค่าความคลาดเคลื่อนตามชนิดของมะเร็งเนื่องจากข้อจำกัดของจำนวนผู้ป่วยในแต่ละชนิด

สรุปผลการศึกษา

การฉายรังสีผู้ป่วยมะเร็งบริเวณช่องท้องส่วนบนด้วยเทคนิคปรับความเข้มพบว่าจากการใช้อุปกรณ์ยึดตรึงได้แก่ อุปกรณ์รองรับแบบกางปีก (Wing board) อุปกรณ์รองรับเข่า (Knee support) อุปกรณ์เบาะลมสูญญากาศปรับรูปร่างได้ (Vac lock) และตรวจสอบการรักษาด้วยอุปกรณ์รับภาพอิเล็กทรอนิกส์ ในโรงพยาบาลสกลนครพบว่า มีค่าความคลาดเคลื่อนจากการจัดทำในแนวศีรษะ-ปลายเท้า แนวซ้าย-ขวา และแนวหน้า-หลัง มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.59 ± 1.44 , 2.17 ± 0.95 และ 1.66 ± 0.59 มิลลิเมตร ตามลำดับ มีค่า CTV to PTV margin ของการจัดทำผู้ป่วยมะเร็งบริเวณช่องท้องส่วนบนในแนวศีรษะ-ปลายเท้า แนวซ้าย-ขวา และแนวหน้า-หลัง มีค่าเท่ากับ 5.42, 3.89 และ 2.62 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งค่า CTV to PTV margin ในแนวศีรษะ-ปลายเท้า เกินค่า CTV to PTV margin ที่รังสีแพทย์กำหนด ดังนั้นผลการศึกษานี้อาจจะนำไปใช้ในการกำหนดค่า CTV to PTV margin ที่เหมาะสมสำหรับการฉายรังสีด้วยเทคนิคปรับความเข้มในผู้ป่วยมะเร็งบริเวณช่องท้องส่วนบนของโรงพยาบาลสกลนครต่อไปได้ และผลการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนแบบระบบและแบบสุ่มของผู้ป่วยแต่ละราย กับค่าดัชนีมวลกาย (BMI) อายุ และปริมาณ PTV กับพบว่าไม่มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ ($p < 0.05$)

ข้อเสนอแนะ

หากต้องการศึกษาค่าความคลาดเคลื่อนจากการจัดทำที่จำเพาะต่อชนิดของมะเร็ง ควรเพิ่มจำนวนของตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา โดยขยายเวลาในการศึกษาให้กว้างขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ แพทย์รังสีรักษา นักฟิสิกส์การแพทย์ นักรังสีการแพทย์ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ของหน่วยรังสีรักษา โรงพยาบาลสกลนคร ที่ให้ความร่วมมือและช่วยเหลืองานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] World Health Organization. Cancer burden rise to 18.1 million new cases and 9.6 million cancer deaths in 2018. Int Agency Res Cancer 2018; 2018:3.
- [2] Gregoire V, Mackie TR. Dose prescription, reporting and recording in intensity-modulated radiation therapy: a digest of the ICRU Report 83. Imaging in Medicine 2011;3(3):367-373.
- [3] เมทินี วิเศษรินทร์ทอง. การประเมินค่า CTV to PTV margin ของตำแหน่งการฉายรังสีในผู้ป่วยมะเร็งศีรษะและลำคอ ที่รักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแบบปรับความเข้มหมุนรอบตัวผู้ป่วย โดยใช้เครื่องถ่ายภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบโคโรนา. วารสารสมาคมรังสีรักษาและมะเร็งวิทยาแห่งประเทศไทย 2559;22(1):39-46.
- [4] Caruana K, Refalo N, Spiteri D, Couto JG, Zarb F, Bezzina P. PTV margin calculation for head and neck patients treated with VMAT: a systematic literature review. Journal of Radiotherapy in Practice 2022;21(4):586-593.
- [5] วิมลมาศ ทองงาม, สุมลิต ยับสันเทียะ. การประเมินค่าความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งการฉายรังสีในผู้ป่วยมะเร็งศีรษะและลำคอด้วยเทคนิคการฉายรังสีแบบปรับความเข้มโดยใช้อุปกรณ์รับภาพอิเล็กทรอนิกส์. วารสารโรงพยาบาลสกลนคร. 2564;24(3):1-11.
- [6] วิมลมาศ ทองงาม, สุมลิต ยับสันเทียะ. การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของการจัดทำผู้ป่วยมะเร็งต่อมลูกหมากด้วยอุปกรณ์ยึดตรึงสามชนิดในเทคนิคการฉายรังสีความเข้ม. Journal of Thai Association of Radiation Oncology 2021; 27:102-115.
- [7] Leszczyńska P, Leszczyński W, Wydmański J, Kinga D, Kaletka AN, Tukiendorf A, et al. Delineation of margins for the planning target volume (PTV) for image-guided radiotherapy (IGRT) of gastric cancer based on intrafraction motion. Asian Pacific Journal of Cancer Prevention: APJCP 2017;18(1):37.
- [8] Tong Y, Gong G, Chen J, Lu J, Liu T, Cheng P, et al. The heterogeneous CTV-PTV margins should be given for different parts of tumors during tomotherapy. Oncotarget 2017;8(51):89086-94.
- [9] Yamane T. Statistics: An introductory analysis – 2nd ed. New York: Harper and Row; 1967.
- [10] Van Herk M, Remeijer P, Rasch C, Lebesque JV. The probability of correct target dosage: dose-population histograms for deriving treatment margins in radiotherapy. International Journal of Radiation Oncology Biology Physics 2000;47(4):1121-1135.

- [11] Chu KY, Cooke R, Van den Heuvel F, Mukherjee S, Hawkins MA. Impact of abdominal compression on setup error and image matching during radical abdominal radiotherapy. Technical Innovations & Patient Support in Radiation Oncology 2019; 12:28-33.
- [12] Trifiletti DM, Zaorsky NG. Absolute Clinical Radiation Oncology Review. 1st Edition, Springer; 2019.
- [13] Hong T, Das P. Radiation therapy for gastrointestinal cancers. Cham, Switzerland: Springer International Publishing; 2017.
- [14] Wang D, Hu K, Zhang F. Impact of Body Mass Index and Abdominal Subcutaneous Fat Thickness of Setup Errors in Postoperative Cervical Cancer Patients Underwent Daily Image-Guided Radiation Therapy. International Journal of Radiation Oncology Biology Physics 2021 ;111(3): e623.