



Original Article

การศึกษาความคลาดเคลื่อนของระบบการจัดท่าผู้ป่วย
ของ Exactrac Dynamic (EXTD) ในการรักษาผู้ป่วยมะเร็งทรวงอก
มะเร็งช่องท้องและมะเร็งอุ้งเชิงกราน

Evaluation of set up error in Exactrac Dynamic (EXTD) system
for treating thoracic, abdominal and pelvic cancer patients

คนันท์ อุทิศสาร^{1*} • เกวารินทร์ ขยายวงค์²

¹แผนกรังสีรักษา โรงพยาบาลมะเร็งลพบุรี ตำบลทะเลชุบศร อำเภอเมืองลพบุรี จังหวัดลพบุรี 15000 ประเทศไทย

²สาขารังสีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพมหานคร 10240 ประเทศไทย

Kananan Utitsarn^{1*} • Paowarin Khayaiwong²

¹Division of Radiotherapy, Lopburi Cancer Hospital, Tambon Thale Chup Son, Mueang Lop Buri District, Lopburi 15000 Thailand

²Division of Radiological Technology, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University, Bangkok, 10240 Thailand

ผู้รับผิดชอบบทความ: คนันท์ อุทิศสาร | Corresponding author: Kananan Utitsarn (kanananmim@hotmail.com)

Received: 3 August 2025 | Revised: 31 October 2025 | Accepted: 19 November 2025

Thai J Rad Tech 2025;50(1):54-61

บทคัดย่อ

บทนำ: Exactrac Dynamic (EXTD) เป็นเทคโนโลยีที่ไม่ใช้รังสีในการตรวจสอบตำแหน่งผู้ป่วยและถูกนำมาใช้แทนระบบที่ต้องใช้รังสีในกระบวนการตรวจสอบตำแหน่ง อย่างไรก็ตาม EXTD มีข้อจำกัดคือไม่สามารถประเมินการเคลื่อนไหวของอวัยวะภายในได้โดยตรง **วัตถุประสงค์:** การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนในการจัดท่าผู้ป่วยของ Exactrac Dynamic สำหรับการรักษาผู้ป่วยมะเร็งบริเวณทรวงอก ช่องท้องและอุ้งเชิงกราน **วิธีการศึกษา:** จัดท่าผู้ป่วยด้วยฟังก์ชัน Surface-Guided Radiation Therapy (SGRT) ของระบบ EXTD ในผู้ป่วยจำนวน 60 รายที่ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นมะเร็งบริเวณทรวงอก ช่องท้อง และอุ้งเชิงกราน และได้รับการรักษาด้วยเทคนิค Volumetric Modulated Arc Therapy (VMAT) โดยใช้เครื่องเร่งอนุภาค Varian TrueBeam linear accelerator (Linac) ณ แผนกรังสีรักษา โรงพยาบาลมะเร็งลพบุรี และทำ Cone-Beam Computed Tomography (CBCT) เพื่อตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของการจัดท่าในหกทิศทาง ได้แก่ แนวตั้ง (Vertical), แนวยาว (Longitudinal), แนวขวาง (Lateral), การก้ม-เงย (Pitch), การเอียงซ้าย-ขวา (Roll), และ การหมุนรอบแกน (Yaw) ภาพ CBCT ถูกนำมาเปรียบเทียบกับภาพอ้างอิงจากระบบวางแผนการรักษา จากนั้นวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของความแตกต่างระหว่างการจัดท่าก่อนการฉายรังสีด้วยระบบ SGRT ของ EXTD และ CBCT เพื่อตรวจสอบว่าค่าที่ได้ยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดโดย International Atomic Energy Agency (IAEA) **ผลการศึกษา:** ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของความคลาดเคลื่อนจากระบบ SGRT ของ EXTD ในหกทิศทางมีดังนี้: Vertical $-0.20 \pm 1.87, -1.99 \pm 1.99, -1.36 \pm 2.47$ มิลลิเมตร (mm), Longitudinal $-1.76 \pm 1.84, -1.50 \pm 3.00, -0.93 \pm 4.49$ mm, Lateral $-0.58 \pm 1.40, -2.29 \pm 2.58, -1.12 \pm 2.14$ mm, Yaw $-0.63 \pm 0.96, -0.47 \pm 1.23, -0.28 \pm 0.81$ องศา, Pitch $-0.32 \pm 0.70, 0.09 \pm 1.27, -0.08 \pm 0.93$ องศา, Roll $0.07 \pm 0.80, 0.09 \pm 0.58, 0.23 \pm 0.93$ องศา โดยค่าที่รายงานนี้สอดคล้องกับกลุ่มผู้ป่วยมะเร็งทรวงอก, ช่องท้อง และอุ้งเชิงกราน ตามลำดับ ซึ่งค่าทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดโดย IAEA **สรุปผลการศึกษา:** ค่าความคลาดเคลื่อนในการจัดตำแหน่งการฉายให้ผู้ป่วยด้วยระบบ Exactrac Dynamic อยู่ภายในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้ตามมาตรฐาน โดยผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า EXTD สามารถใช้แทน CBCT ได้ในบางกรณี โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่รอยโรคอยู่บริเวณทรวงอกส่วนบน ช่องท้องส่วนบน และอุ้งเชิงกราน ซึ่งมีการเคลื่อนไหวของอวัยวะภายในน้อย ทั้งนี้การใช้ EXTD แทน

การใช้ CBCT ในผู้ป่วยที่มีการเคลื่อนไหวต่ำช่วยลดความถี่ในการถ่ายภาพซ้ำและลดปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับสะสมจากการถ่ายภาพซ้ำโดยยังคงรักษาความถูกต้องของตำแหน่งการรักษาได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ

คำสำคัญ: ความคลาดเคลื่อนการจัดท่า, ระบบการจัดท่าของ EXT-D, มะเร็งทรวงอก, มะเร็งช่องท้อง, มะเร็งอุ้งเชิงกราน

Abstract

Background: ExacTrac Dynamic (EXT-D) is a non-ionizing technology used for patient position verification and has been implemented as an alternative to radiation-based positioning systems. However, a limitation of EXT-D is that it cannot directly assess internal organ motion. **Objective:** This study aims to evaluate the setup deviation in patient positioning using the ExacTrac Dynamic (EXT-D) system for patients undergoing radiotherapy for thoracic, abdominal, and pelvic cancers. **Methods:** A total of 60 patients diagnosed with cancer in the thoracic, abdominal, or pelvic regions were positioned using the Surface-Guided Radiation Therapy (SGRT) function of the EXT-D system. All patients received treatment with Volumetric Modulated Arc Therapy (VMAT) using the Varian TrueBeam linear accelerator at the Cancer Hospital's Radiation Oncology Department. Cone-Beam Computed Tomography (CBCT) was used to verify setup deviations in six directions: vertical, longitudinal, lateral, pitch, roll, and yaw. CBCT images were compared against reference images from the treatment planning system. The mean difference between the EXT-D setup and CBCT verification were analyzed to determine whether they remained within the limits set by the International Atomic Energy Agency (IAEA). **Results:** The mean difference recorded by SGRT using EXT-D in the six directions were as follows: Vertical: -0.20 ± 1.87 mm (thoracic), -1.99 ± 1.99 mm (abdominal), -1.36 ± 2.47 mm (pelvic), Longitudinal: -1.76 ± 1.84 mm (thoracic), -1.50 ± 3.00 mm (abdominal), -0.93 ± 4.49 mm (pelvic), Lateral: -0.58 ± 1.40 mm (thoracic), -2.29 ± 2.58 mm (abdominal), -1.12 ± 2.14 mm (pelvic), Yaw: $-0.63 \pm 0.96^\circ$ (thoracic), $-0.47 \pm 1.23^\circ$ (abdominal), $-0.28 \pm 0.81^\circ$ (pelvic), Pitch: $-0.32 \pm 0.70^\circ$ (thoracic), $0.09 \pm 1.27^\circ$ (abdominal), $-0.08 \pm 0.93^\circ$ (pelvic), Roll: $0.07 \pm 0.80^\circ$ (thoracic), $0.09 \pm 0.58^\circ$ (abdominal), $0.23 \pm 0.93^\circ$ (pelvic) All reported values were within the standard tolerances specified by the IAEA. **Conclusion:** The study found that patient setup errors using the ExacTrac Dynamic (EXT-D) system were within acceptable limits based on international standards. EXT-D can replace CBCT in some cases, especially for patients with tumors in the upper chest, upper abdomen, or pelvis, where internal organ motion is minimal. Using EXT-D instead of CBCT in patients with low organ movement can reduce the number of repeated scans and the total imaging dose, while keeping treatment accuracy within IAEA standards.

Keywords: Setup error, ExacTrac Dynamic (EXT-D), Thoracic cancer, Abdominal cancer, Pelvic cancer

บทนำ

รังสีรักษามักใช้วิธีแบ่งฉายหลายครั้ง (Fractionation) ตามหลักรังสีชีววิทยา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำลายเซลล์มะเร็งและลดผลกระทบต่อเนื้อเยื่อปกติ เนื่องจากเนื้อเยื่อปกติมีความสามารถในการซ่อมแซมความเสียหายของดีเอ็นเอได้ดีกว่าเซลล์มะเร็ง จำนวนครั้งในการฉายรังสีขึ้นอยู่กับชนิดของมะเร็งและสภาวะของผู้ป่วย โดยอาจมีตั้งแต่ 1 ถึง 30 ครั้ง^[1] กระบวนการทางรังสีรักษาประกอบด้วยหลายขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดอธิบายไว้ใน Radiotherapy Workflow โดยคุณ Bridge และคณะ^[2] หนึ่งในขั้นตอนสำคัญคือการจัดตำแหน่งผู้ป่วยให้ตรงกับแผนการฉายรังสี ความคลาดเคลื่อนในการจัด

ตำแหน่งสามารถเกิดได้จากหลายปัจจัย เช่น การเปลี่ยนแปลงของร่างกายผู้ป่วยระหว่างการรักษา การเคลื่อนไหวของอวัยวะภายใน การหายใจ หรือแม้กระทั่งการเปลี่ยนแปลงของขนาดก้อนมะเร็ง ซึ่งความคลาดเคลื่อนดังกล่าวอาจส่งผลให้ผู้ป่วยได้รับรังสีไม่ตรงกับตำแหน่งเป้าหมาย และลดประสิทธิภาพของการรักษา เพื่อควบคุมความแม่นยำของตำแหน่งการฉาย จึงมีการนำระบบตรวจสอบตำแหน่งด้วยภาพ (Image-Guided Radiotherapy: IGRT) มาใช้ โดยสามารถช่วยลดความคลาดเคลื่อน และปรับการจัดท่าได้อย่างแม่นยำในแต่ละครั้ง^[3] ทั้งนี้ ทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (International Atomic Energy Agency: IAEA) แนะนำให้ค่าความ

คลาดเคลื่อนจากแผนการฉายรังสีไม่ควรเกิน $\pm 5\%$ ของขนาดเป้าหมาย หรือ ± 5 มิลลิเมตร^[4]

หน่วยงานรังสีรักษา โรงพยาบาลมะเร็งลพบุรี ใช้ Image-Guided Radiation Therapy (IGRT) ในการตรวจสอบและควบคุมตำแหน่งของผู้ป่วยระหว่างการรักษาด้วยรังสี โดยใช้ระบบสร้างภาพลำรังสีรูปกรวย (Cone Beam Computed Tomography: CBCT) เพื่อสร้างภาพสามมิติของตำแหน่งก้อนมะเร็งและอวัยวะโดยรอบ นอกจากนี้ ยังมีการใช้งานระบบ Exactrac Dynamic (EXTD) ซึ่งเป็นการผสมผสานการทำงานระหว่างระบบ IGRT (X-ray) กับเทคโนโลยีตรวจสอบพื้นผิวแบบไม่ใช้รังสี (Surface-Guided Radiation Therapy: SGRT) โดยแสดงภาพพื้นผิวของผู้ป่วยแบบเรียลไทม์ (Real-time) เพื่อช่วยในการจัดทำผู้ป่วยให้ตรงตามตำแหน่งที่กำหนด พร้อมทั้งตรวจสอบการเคลื่อนไหวของร่างกายหรือก้อนมะเร็งระหว่างการฉายรังสี

ทั้งนี้ระบบ Exactrac Dynamic (EXTD) ทำงานโดยใช้การผสมผสานข้อมูลจาก กล้องถ่ายภาพอินฟราเรดความร้อน (4D Thermal camera) และ ระบบสแกนพื้นผิวแบบสามมิติ (3D Surface scanner) เพื่อสร้างแบบจำลองพื้นผิวร่างกายของผู้ป่วยแบบเรียลไทม์ในแต่ละครั้ง และจับการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยในระหว่างการฉายรังสี (intrafraction monitoring) ได้อย่างต่อเนื่อง โดยระบบจะเปรียบเทียบพื้นผิวที่ได้ในแต่ละขณะกับ reference surface ที่สร้างจากภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ในวันจำลองการรักษา (CT simulation) หากระบบตรวจพบว่าการเคลื่อนไหวของพื้นผิวที่เกินกว่าค่าความคลาดเคลื่อนที่ตั้งไว้ (เช่น ± 2 มม. หรือ $\pm 1^\circ$) ระบบจะส่งสัญญาณเตือนให้หยุดการฉายรังสีทันที เพื่อป้องกันการฉายรังสีออกนอกขอบเขตเป้าหมาย นอกจากนี้ EXTD ยังสามารถทำงานร่วมกับ X-ray kV imaging module ที่ติดตั้งในระบบเดียวกันได้ เพื่อทำการยืนยันตำแหน่งของกระดูกหรือรอยโรคก่อนเริ่มฉายรังสี ซึ่งช่วยเพิ่มความแม่นยำของการ setup ให้ใกล้เคียง CBCT แต่ใช้ปริมาณรังสีต่ำกว่ามาก เมื่อเปรียบเทียบกับ CBCT ซึ่งต้องใช้อุปกรณ์ถ่ายภาพรังสีรอบตัวผู้ป่วยและใช้เวลาในการประมวลผลมากกว่า EXTD สามารถตรวจสอบและติดตามตำแหน่งได้แบบ non-ionizing and real-time จึงเหมาะสำหรับการใช้เพื่อลด intrafraction error ในระหว่างการฉาย โดยเฉพาะในรอยโรคที่ตำแหน่งคงที่หรือเคลื่อนไหวต่ำ เช่น บริเวณทรวงอกส่วนบน ช่องท้องส่วนบน และอุ้งเชิงกราน

อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดของ EXTD คือไม่สามารถประเมินการเคลื่อนไหวของอวัยวะภายใน (internal organ motion) ได้โดยตรง เช่น การเคลื่อนไหวของตับหรือปอดส่วนล่างที่สัมพันธ์

กับการหายใจ ดังนั้นในกรณีที่มีความเคลื่อนไหวภายในมาก ยังจำเป็นต้องใช้ CBCT เพื่อยืนยันตำแหน่งก่อนฉายรังสีทุกครั้ง หรือใช้ควบคู่กับระบบ gated RT เพื่อให้แน่ใจว่ารังสีตกในบริเวณเป้าหมายอย่างถูกต้อง

เนื่องจากระบบ SGRT ของ EXTD เป็นเทคโนโลยีที่ไม่ใช้รังสีในการตรวจสอบตำแหน่งผู้ป่วย จึงได้รับความสนใจในการนำมาใช้แทนระบบ CBCT ที่ต้องใช้รังสีในกระบวนการตรวจสอบตำแหน่ง Chow และคณะ^[5] ได้ศึกษาการใช้ SGRT ของ EXTD ในการตรวจหาตำแหน่งที่คลาดเคลื่อนจาก CBCT ในหุ่นจำลอง พบว่าการ มีความคลาดเคลื่อนในทิศทาง rotation ของหุ่นจำลองบริเวณกระดูกเชิงกรานมากกว่ากะโหลกศีรษะ และมีหลายหลายงานวิจัย^[6,7] รายงานว่า SGRT สามารถใช้แทนการตรวจสอบตำแหน่งด้วย CBCT ได้ในขั้นตอน setup หรือการยืนยันตำแหน่งก่อนฉายรังสี (inter-fraction verification) โดยเฉพาะในกรณีที่รอยโรคอยู่บริเวณผิวหนังหรือโครงสร้างคงที่ และไม่มี การเคลื่อนไหวของอวัยวะภายในมาก เช่น ทรวงอกส่วนบน ศีรษะ-คอ และอุ้งเชิงกราน Freislederer P และคณะ^[6] รายงานว่า SGRT สามารถลดความถี่ในการใช้ CBCT ลงได้ถึง 30-50% โดยไม่กระทบต่อความแม่นยำของการจัดทำ ในขณะที่ Lee SK และคณะ^[7] พบว่าการใช้ SGRT ร่วมกับการ immobilization ที่เหมาะสมให้ความถูกต้องในการจัดทำผู้ป่วย ศีรษะและคอเทียบเท่ากับ CBCT ภายใต้ความคลาดเคลื่อน < 2 มิลลิเมตร

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความคลาดเคลื่อนของระบบ SGRT ของ EXTD ในการจัดทำผู้ป่วยโรคมะเร็งทรวงอก มะเร็งช่องท้อง และมะเร็งอุ้งเชิงกราน โดยเปรียบเทียบตำแหน่งที่ได้จากระบบ EXTD (ไม่ใช้รังสี) กับตำแหน่งจากระบบ CBCT (ที่ใช้รังสี) เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพิจารณาเลือกกระบวนการตรวจสอบตำแหน่งที่เหมาะสมในการฉายรังสีสำหรับผู้ป่วยแต่ละกลุ่ม

วิธีการศึกษา

1. ข้อมูลทั่วไป

การศึกษานี้เป็นแบบไปข้างหน้า (Prospective) โดยเก็บข้อมูลเฉพาะการฉายรังสีครั้งแรกบันทึกข้อมูล เพศ อายุ รอยโรค การเลือกกลุ่มประชากรคือ ผู้ป่วยมะเร็งที่เข้ารับการฉายรังสีโรคมะเร็งทรวงอก มะเร็งช่องท้อง และมะเร็งอุ้งเชิงกราน ที่แผนกรังสีรักษา โรงพยาบาลมะเร็งลพบุรี จังหวัดลพบุรี จำนวน 60 ราย งานวิจัยนี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย โรงพยาบาลมะเร็งลพบุรี

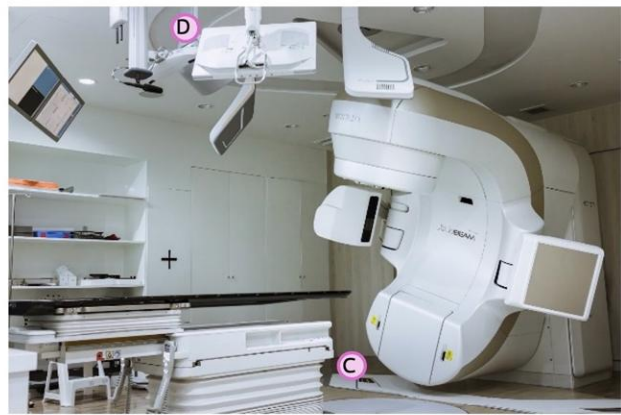
2. วัสดุและอุปกรณ์

2.1 เครื่องเร่งอนุภาค (Linear Accelerator: LINAC) ยี่ห้อ Varian รุ่น TrueBEAM เป็นเครื่องฉายรังสีที่ผลิตรังสีเอกซ์เรย์พลังงานสูง พลังงาน 6MV และ 10MV และผลิตอนุภาคอิเล็กตรอน (Electron energy) หลายระดับพลังงาน ได้แก่ 6, 9, 12, 15, 18 และ 20 MeV TrueBEAM Linac ประกอบด้วยชุดบังคับลำรังสีแบบหลายใบ (Multi Leaf collimator: MLC) 120 ซี่, ขนาดลำรังสีกว้างสุด (Maximum Field size) 40 เซนติเมตร x 40 เซนติเมตร

2.2 ระบบตรวจสอบตำแหน่งที่ใช้รังสี kV x-ray source (CBCT) ระบบนี้ใช้รังสีเอกซ์พลังงานต่ำ (kV) สร้างภาพ

แบบสามมิติ (CBCT) โดยหมุนรอบตัวผู้ป่วย ภาพที่ได้จะนำไปเปรียบเทียบกับภาพจำลองจากแผนการรักษา (CT simulation) เพื่อตรวจสอบและปรับตำแหน่งผู้ป่วยให้แม่นยำ

2.3 ระบบตรวจสอบตำแหน่งที่ไม่ใช้รังสี ได้แก่ กล้องถ่ายภาพความร้อน SGRT (Brainlab ExacTrac Dynamic) กล้องตรวจจับความร้อนที่ทำงานร่วมกับระบบสแกนพื้นผิวสามมิติของผู้ป่วย โดยผสานสัญญาณความร้อนจากร่างกายผู้ป่วยเข้ากับแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติของร่างกาย เพื่อสร้างภาพพื้นผิวเชิงความร้อนที่มีสำหรับติดตามตำแหน่งผู้ป่วย รูปที่ 1 แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องฉายรังสี TrueBEAM



รูปที่ 1 เครื่องฉายรังสี TrueBEAM ซ้าย: (A) EPID, (B) kV x-ray source (CBCT) ขวา: (C) kV x-ray source (EXTD), (D) 4D thermal camera (EXTD)

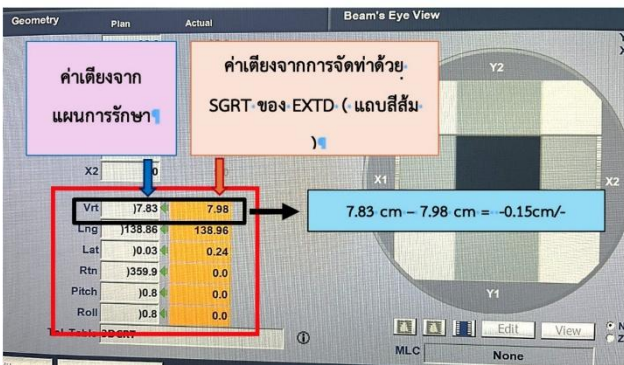
3. การศึกษาค่าความคลาดเคลื่อนของการจัดตำแหน่ง

3.1 จัดท่าผู้ป่วยแต่ละรายด้วยระบบ SGRT ของ EXT-D โดยให้ขอบ Body ในห้องฉายซ้อนทับกันพอดีกับขอบ Body ที่ได้จากวันที่ทำการจำลองการรักษา ทั้ง 6 แนว ได้แก่ Vertical (Ver), Lateral (Lat.), Longitudinal (Lng.), Pitch, Roll และ Yaw โดยกำหนดให้มีความแตกต่างน้อยกว่า 5 mm รูปที่ 2 แสดงค่าเพียง 6 แนวจากการจัดท่าด้วย SGRT เรียกค่านีว่า EXT-D set up



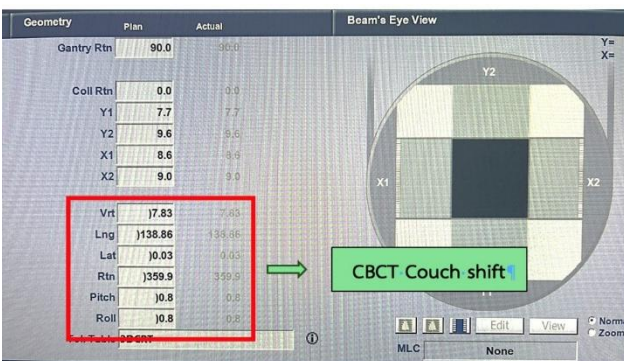
รูปที่ 2 แสดงค่าเพียง 6 แนวจากการจัดท่าด้วยระบบ SGRT

3.2 ทำการตรวจสอบความถูกต้องของการจัดทำด้วยการใช้ CBCT สร้างภาพสามมิติตามตำแหน่งค่าเตียงทั้ง 6 แนวที่จัดด้วย EXT D แล้วนำภาพที่ได้เปรียบเทียบกับภาพ CT-planning ซึ่งเป็นภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการวางแผนการรักษา ระบบจะประมวลผลค่าเตียงที่ได้จากการใช้ SGRT ของ EXT D เทียบกับค่าเตียงจากแผนการรักษา ด้วยระบบ registration Automatic ROI ของ Aria version18 และรายงานค่าความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งการฉายรังสีทั้ง 6 แนว ซึ่งเรียกกันว่า Difference รูปที่ 3 แสดงตัวอย่างที่ระบบทำการประมวลผลค่า Difference ของแต่ละแนว จากภาพค่าเตียงแนว Vrt. ที่ได้จากการจัดทำด้วย SGRT ของ EXT D เท่ากับ 7.98 เซนติเมตร ส่วนค่าเตียงจากแผนการรักษา เท่ากับ 7.83 เซนติเมตร ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบกัน จะได้ค่า Difference ในแนว Vrt. เท่ากับ -0.15 เซนติเมตร หรือ -1.5 มิลลิเมตร โดยจะทำการตรวจสอบใน fraction แรกของผู้ป่วย (1 ครั้ง)



รูปที่ 3 ค่าเตียงที่ได้จากการใช้ระบบ SGRT ของ EXT D เทียบกับค่าเตียงจากแผนการรักษา

3.3 เลื่อนตำแหน่งเตียงที่ใช้ระบบ SGRT ของ EXT D ในการจัดทำไปยังตำแหน่งที่ตรงกับแผนการรักษา โดยเรียกค่านี้นว่า CBCT Couch shift ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ค่า CBCT Couch shift จาก 6 แนว

ผลการศึกษา

1. ข้อมูลทั่วไป

ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่าง แสดงดังตารางที่ 1 ข้อมูลของผู้ป่วยจำนวน 60 ราย มีอายุระหว่าง 41-82 ปี และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 61.60 ± 6.97 ปี เพศชาย 30 รายและเพศหญิง 30 ราย และแบ่งเป็นแต่ละรอยโรคละ 20 ราย

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (%)
เพศ (ราย)	
ชาย	30 (50.0)
หญิง	30 (50.0)
รอยโรค (ราย)	60 (100)
โรคมะเร็งทรวงอก	20 (33.33)
โรคมะเร็งช่องท้อง	20 (33.33)
โรคมะเร็งอุ้งเชิงกราน	20 (33.33)

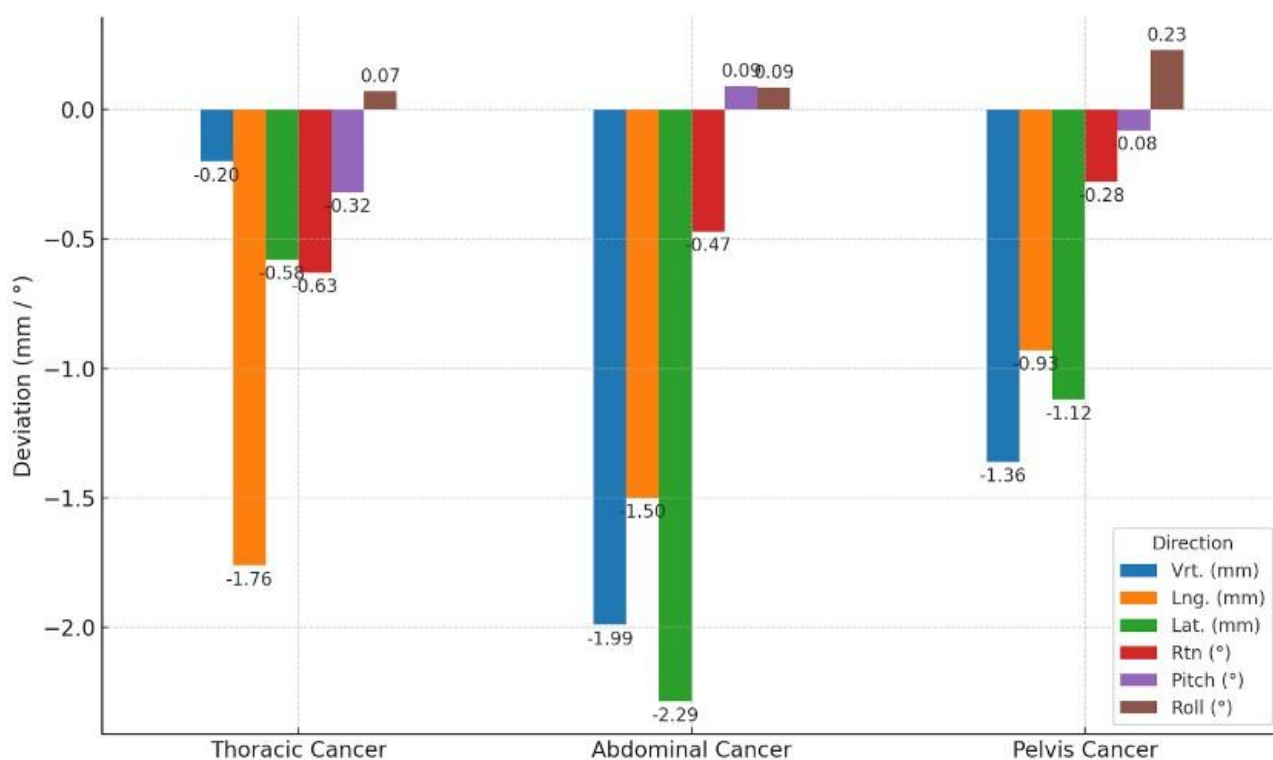
2. ข้อมูลค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนจากการจัดทำ

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยความแตกต่างของความคลาดเคลื่อนในการจัดทำก่อนฉายรังสีด้วยระบบ SGRT ของ EXT D เทียบกับ CBCT ในโรคมะเร็งทรวงอก โรคมะเร็งช่องท้อง และโรคมะเร็งอุ้งเชิงกรานจากตารางที่ 2 พบว่าค่าเฉลี่ยความแตกต่างของความคลาดเคลื่อนจากการจัดทำก่อนฉายรังสีด้วยระบบ SGRT ของ EXT D เทียบกับ CBCT ในโรคมะเร็งทรวงอก มะเร็งช่องท้อง และมะเร็งอุ้งเชิงกราน สำหรับแนว Vertical มีค่าเท่ากับ -0.20 ± 1.87 , -1.99 ± 1.99 , -1.36 ± 2.47 มิลลิเมตร (mm), สำหรับแนว Longitudinal มีค่าเท่ากับ -1.76 ± 1.84 , -1.50 ± 3.00 , -0.93 ± 4.49 mm แนว Lateral มีค่าเท่ากับ -0.58 ± 1.40 , -2.29 ± 2.58 , -1.12 ± 2.14 mm แนว Yaw มีค่าเท่ากับ -0.63 ± 0.96 , -0.47 ± 1.23 , -0.28 ± 0.81 องศา แนว Pitch มีค่าเท่ากับ -0.32 ± 0.70 , 0.09 ± 1.27 , -0.08 ± 0.93 องศา และแนว Roll มีค่าเท่ากับ 0.07 ± 0.80 , 0.09 ± 0.58 , 0.23 ± 0.93 องศา ตามลำดับ

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยความแตกต่างของความคลาดเคลื่อนในการจัดท่าก่อนฉายรังสีด้วยระบบ SGRT ของ EXT-D เทียบกับ CBCT ในโรคมะเร็งทรวงอก โรคมะเร็งช่องท้อง และโรคมะเร็งอุ้งเชิงกราน

Mean difference (\pm SD)						
Cancer	Vrt. (mm)	Lng. (mm)	Lat.(mm)	Yaw ($^{\circ}$)	Pitch ($^{\circ}$)	Roll ($^{\circ}$)
Thoracic Cancer	-0.20 \pm 1.87	-1.76 \pm 1.84	-0.58 \pm 1.40	-0.63 \pm 0.96	-0.32 \pm 0.70	0.07 \pm 0.80
Abdominal Cancer	-1.99 \pm 1.99	-1.50 \pm 3.00	-2.29 \pm 2.58	-0.47 \pm 1.23	0.09 \pm 1.27	0.09 \pm 0.58
Pelvis Cancer	-1.36 \pm 2.47	-0.93 \pm 4.49	-1.12 \pm 2.14	-0.28 \pm 0.81	-0.08 \pm 0.93	0.23 \pm 0.93

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการจัดท่าผู้ป่วยด้วยระบบคลาดเคลื่อนรองลงมา ซึ่งในโรคมะเร็งช่องท้องก็เช่นกัน แสดง SGRT ของ EXT-D ด้าน Lateral ในโรคมะเร็งช่องท้องมีความคลาดเคลื่อนมากที่สุด และด้าน Vertical มีความคลาดเคลื่อนมากที่สุด ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงแผนภูมิค่าเฉลี่ยความแตกต่างของความคลาดเคลื่อนจากการจัดท่าก่อนฉายรังสีทั้ง 6 ทิศทางด้วยระบบ SGRT ของ EXT-D เทียบกับ CBCT ในผู้ป่วยโรคมะเร็งทรวงอก โรคมะเร็งช่องท้อง และโรคมะเร็งอุ้งเชิงกราน

- หมายเหตุ:
- Vrt. (Vertical): (+) เคลื่อนที่ไปด้านหลัง, (-) เคลื่อนที่ไปด้านหน้า
 - Lng. (Longitudinal): (+) เคลื่อนที่ไปด้านศีรษะ, (-) เคลื่อนที่ไปด้านหลัง
 - Lat. (Lateral): (+) เคลื่อนที่ไปด้านซ้าย, (-) เคลื่อนที่ไปด้านขวา
 - Yaw: (+) เคลื่อนที่หมุนรอบฐานเตียงไปด้านซ้าย, (-) เคลื่อนที่หมุนรอบฐานเตียงไปด้านขวา
 - Pitch: (+) เคลื่อนที่กระดูกด้านศีรษะลง, (-) เคลื่อนที่กระดูกด้านศีรษะขึ้น
 - Roll : (+) เคลื่อนที่ปรับเอียงด้านขวาขึ้น, (-) เคลื่อนที่ปรับเอียงด้านขวาลง

อภิปรายผลการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้เทคนิคการฉายแบบ VMAT ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า เมื่อใช้ SGRT ของ EXT D ในการจัดทำผู้ป่วยทั้ง 3 โรค (ทรวงอก, ช่องท้อง และอุ้งเชิงกราน) มีค่าเฉลี่ยความแตกต่างของความคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้จาก IAEA^[4] และตามค่ากำหนดทางคลินิกของงานรังสีรักษา รพ.มะเร็งลพบุรี คือ 5 mm โดยงานวิจัยมีผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chow และคณะ^[5] ที่พบว่าเมื่อใช้ SGRT ของ EXT D ร่วมจัดทำ จะมีค่าเฉลี่ยความแตกต่างของความคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้เช่นกัน นอกจากนี้ที่พบว่าการจัดทำผู้ป่วยด้วย SGRT ของ EXT D สำหรับโรคมะเร็งช่องท้อง พบค่าเฉลี่ยความแตกต่างของความคลาดเคลื่อนสูงสุดในแนว Lateral คือ -2.29 ± 2.58 มิลลิเมตร ซึ่งในการจัดทำผู้ป่วยมะเร็งช่องท้องจะมีการใช้โฟมหนุนรองเข้า (Knee support) ผู้ป่วยสามารถขยับขาได้หากขนาดของขาไม่พอดีกับโฟมหนุนดังกล่าว ประกอบกับในบริเวณท้องไม่มีการใช้

อุปกรณ์ยึดตรึง จึงอาจส่งผลต่อการคลาดเคลื่อนของตำแหน่งได้ จึงมีข้อเสนอแนะให้ตรวจสอบบริเวณด้านซ้าย-ขวาของผู้ป่วยขณะจัดทำ ส่วนในโรคมะเร็งอุ้งเชิงกรานพบค่าเฉลี่ยความแตกต่างของความคลาดเคลื่อนสูงสุดในแนว Vertical คือ -1.36 ± 2.47 มิลลิเมตร ซึ่งคล้ายกับงานวิจัยของ Weiss E และคณะ^[8] คือ 4.9 มิลลิเมตร แต่ไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ตารางที่ 3 แสดงค่าความเคลื่อนที่ของการวิจัยนี้เปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ

จากผลการศึกษาของงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการจัดทำของนักรังสีเทคนิคที่สามารถจัดทำผู้ป่วยให้มีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำกว่า ± 3 มิลลิเมตร ได้อย่างสม่ำเสมอ ประกอบกับความแม่นยำของระบบ SGRT ของ EXT D ที่เน้นตรวจจับบริเวณพื้นผิว ซึ่งในบริเวณทรวงอก ช่องท้อง และอุ้งเชิงกราน เป็นบริเวณที่มีพื้นที่ผิวเยอะ รวมไปถึงรอยโรคอาจไม่ได้มีความซับซ้อนมาก จึงส่งผลให้การจัดทำมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแตกต่างของความคลาดเคลื่อน 6 ทิศทาง ในการจัดทำก่อนฉายรังสีด้วยระบบ SGRT ของ EXT D เทียบกับ CBCT ระหว่างกรณีศึกษาจากโรงพยาบาลมะเร็งลพบุรีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Direction	SGRT_EXT D งานวิจัยนี้			SGRT_EXT D Chow V และคณะ ^[5]	SGRT_EXT D Weiss E และคณะ ^[6]
	Mean difference (\pm SD)			Mean difference (\pm SD)	Mean difference (Range)
	Thoracic cancer	Abdominal cancer	Pelvis cancer	Pelvis phantom	Pelvis cancer
Vertical (mm)	-0.20 ± 1.87	-1.99 ± 1.99	-1.36 ± 2.47	0.24 ± 0.17	4.9 (-4.1 to 125.6)
Longitudinal (mm)	-1.76 ± 1.84	-1.50 ± 3.00	-0.93 ± 4.49	0.47 ± 0.32	-0.9 (-14.4 to 7.3)
Lateral (mm)	-0.58 ± 1.4	-2.29 ± 2.58	-1.12 ± 2.14	0.39 ± 0.18	3.6 (-5.5 to 12.1)
Yaw (degree)	-0.63 ± 0.96	-0.47 ± 1.23	-0.28 ± 0.81	0.09 ± 0.08	-
Pitch (degree)	-0.32 ± 0.70	0.09 ± 1.27	-0.08 ± 0.93	0.11 ± 0.07	-
Roll (degree)	0.07 ± 0.80	0.09 ± 0.58	0.23 ± 0.93	0.13 ± 0.19	-

สรุปผลการศึกษา

ระบบ SGRT ของ ExacTrac Dynamic สามารถใช้ในการจัดทำผู้ป่วยที่เป็นมะเร็งทรวงอก ช่องท้อง และอุ้งเชิงกรานได้อย่างแม่นยำ มีความน่าเชื่อถือและใช้แทนการตรวจสอบตำแหน่งด้วย CBCT ได้ เนื่องจากค่าความคลาดเคลื่อนของการจัดทำในทั้ง 6 ทิศทางอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามมาตรฐาน

เอกสารอ้างอิง

- [1] Withers HR. The four R's of radiotherapy. In: Advances in radiation biology. New York: Elsevier; 1975. p. 241–271.
- [2] Bridge P, Crowe SB, Gibson G, Ellemor NJ, Hargrave C, Carmichael M. A virtual radiation therapy workflow training simulation. Radiography. 2016;22(1):e59–e63.
- [3] Miyabe Y, Sawada A, Takayama K, Kaneko S, Mizowaki T, Kokubo M, et al. Positioning accuracy of a new image-guided radiotherapy system. Med Phys. 2011;38(5):2535–2541.
- [4] van der Merwe D, Van Dyk J, Healy B, Zubizarreta E, Izewska J, Mijnheer B, et al. Accuracy requirements and uncertainties in radiotherapy: a report of the International Atomic Energy Agency. Acta Oncol. 2017;56(1):1–6.
- [5] Chow VUY, Cheung MLM, Kan MWK, Chan ATC. Shift detection discrepancy between ExacTrac Dynamic system and cone-beam computed tomography. J Appl Clin Med Phys. 2022;23(5):e13567.
- [6] Freislederer P, Kügele M, Öllers M, Swinnen A, Sauer TO, Bert C, et al. Recent advances in surface guided radiation therapy. Radiat Oncol. 2020;15(1):1–11.
- [7] Lee SK, Huang S, Zhang L, Ballangrud AM, Aristophanous M, Cervino LI, et al. Accuracy of surface-guided patient setup for conventional radiotherapy of brain and nasopharynx cancer. J Appl Clin Med Phys. 2021;22(5):48–57.
- [8] Weiss E, Vorwerk H, Richter S, Hess CF. Interfractional and intrafractional accuracy during radiotherapy of gynecologic carcinomas: a comprehensive evaluation using the ExacTrac system. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2003;56(1):69–79.