

การประเมินความคลาดเคลื่อนในการจัดทำผู้ป่วยในการฉายรังสีรักษา
มะเร็งอุ้งเชิงกราน: การศึกษาเปรียบเทียบระหว่างระบบภาพพื้นผิวสามมิติ
(AlignRT) กับระบบเลเซอร์

Evaluation of Patient Setup Errors in Pelvic Cancer Radiation Therapy:
A Comparative Study Between 3D Surface Imaging (AlignRT) and
Conventional Laser Alignment

เกวลิณ พิษผล¹, นภัสกร ศรีสุข¹, จารึก ก้านเพชร², ณัฐวัฒน์ สำราญใจ², ทวีป แสงแห่งธรรม³

¹คณะสหเวชศาสตร์ สาขารังสีเทคนิค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

²สาขารังสีรักษาและมะเร็งวิทยา ฝายรังสีวิทยา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย

³สาขารังสีรักษาและมะเร็งวิทยา ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้พิมพ์ประสานงาน

ทวีป แสงแห่งธรรม

สาขารังสีรักษาและมะเร็งวิทยา ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1873 ถ.พระราม 4 เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

อีเมล : mairt34@yohoo.com

Kaewalin Phuetpon¹, Napasakorn Srisuk¹, Jaruek Kanphet², Nattawat Samranja², Taweap Sanghangthum³

¹*Faculty of Allied Health Sciences, Chulalongkorn University*

²*Division of Radiation Oncology, Department of Radiology, King Chulalongkorn Memorial Hospital, Thai Red Cross Society*

³*Division of Radiation Oncology, Department of Radiology, Faculty of Medicine, Chulalongkorn University*

Corresponding author

Taweap Sanghangthum

Division of Radiation Oncology, Department of Radiology, Faculty of Medicine, Chulalongkorn University

1873 Rama IV Road, Patumwan, Bangkok, Thailand 10330

Email: mairt34@yohoo.com

Submitted: Apr 22, 2025

Revised: Jul 26, 2025

Accepted: Sep 25, 2025

บทคัดย่อ

หลักการและเหตุผล: การฉายรังสีมีบทบาทในการรักษามะเร็งบริเวณอุ้งเชิงกราน ซึ่งผู้ป่วยต้องทำการฉายรังสีหลายครั้ง ความแม่นยำในการจัดท่าผู้ป่วยก่อนการฉายรังสีในแต่ละครั้งมีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของการรักษา

วัตถุประสงค์: เพื่อเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของการจัดท่าก่อนฉายรังสีในผู้ป่วยมะเร็งบริเวณอุ้งเชิงกรานด้วยระบบเลเซอร์และระบบภาพพื้นผิวสามมิติ (AlignRT) รวมถึงศึกษาคุณลักษณะของระบบ AlignRT

วัสดุและวิธีการ: ทำการศึกษาคุณลักษณะของระบบ AlignRT โดยศึกษาการประกันคุณภาพประจำวัน ปัจจัยต่างๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อระบบ AlignRT และความถูกต้องในการอ่านความคลาดเคลื่อนของระบบ AlignRT จากนั้นเก็บข้อมูลความคลาดเคลื่อนของผู้ป่วยมะเร็งอุ้งเชิงกรานที่จัดทำด้วยระบบเลเซอร์และจัดด้วยระบบ AlignRT จำนวน 10 รายจากการตรวจสอบตำแหน่งก่อนฉายรังสีด้วย Cone beam computed tomography

ผลการศึกษา: การศึกษาคุณลักษณะของระบบ AlignRT พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนประจำวันอยู่ภายใน 0.4 มิลลิเมตร มุมหัวเครื่องฉายรังสี ผลของมุมเตียง ความสว่างในห้องฉาย และขอบเขตที่สนใจ อยู่ภายใน 0.2 มม., 0.1 องศา, 0.1 มม., และ 0.2 มม. ตามลำดับ ผลทางคลินิกพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนของผู้ป่วยที่ได้รับการจัดท่าด้วยระบบ AlignRT มีค่าน้อยกว่าระบบเลเซอร์ในแนว Longitudinal และ Lateral โดยพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแนว Lateral แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนว Longitudinal และ Vertical

ข้อสรุป: ระบบ AlignRT มีความถูกต้อง แม่นยำสูง สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดตำแหน่งก่อนฉายรังสีในผู้ป่วยมะเร็งบริเวณอุ้งเชิงกรานอย่างมีประสิทธิภาพทดแทนวิธีดั้งเดิมที่มีการขีดเส้นบนตัวผู้ป่วยหรือระบบเลเซอร์ได้

คำสำคัญ: มะเร็งบริเวณอุ้งเชิงกราน ระบบภาพนำวิถี ระบบภาพพื้นผิวแบบสามมิติ ระบบเลเซอร์

Abstract

Background: Radiation therapy plays an important role in treating cancers located in the pelvic region. The patients have to be treated in multiple fractions, therefore, the accuracy of patient setup before each treatment session directly impacts the effective treatment.

Objective: To compare the setup errors in pelvic cancer patients using laser alignment system versus 3D surface imaging system (AlignRT). The study also examined the characteristics of the AlignRT system.

Materials and Methods: The study began with an evaluation of the characteristics of the AlignRT system, including daily quality assurance checks, factors that may affect system performance, and the system's accuracy in detecting setup errors. Data were then collected from 10 pelvic cancer patients positioned using a laser system and the AlignRT system. Position verification was performed before radiation using Cone Beam Computed Tomography.

Results: The study of AlignRT system characteristics showed that daily setup errors were within 0.4 millimeters. Factors from gantry angle, couch angle, room lighting, and region of interest were within 0.2 mm, 0.1 degrees, 0.1 mm, and 0.2 mm, respectively. Clinically, setup errors in patients positioned with the AlignRT system were smaller than those positioned with the laser system in both the longitudinal and lateral directions. A statistically significant difference was found in the lateral direction, but not in the longitudinal or vertical directions.

Conclusion: The AlignRT system demonstrates high accuracy and precision, and it can be effectively applied for pre-radiation positioning in pelvic cancer patients, serving as a viable alternative to traditional methods such as skin marking or laser systems.

Keywords: Pelvic cancer, image-guided system, 3D surface imaging system, laser system

J Thai Assoc Radiat Oncol 2025; 31(2): R30 - R58

บทนำ

ปัจจุบันจำนวนผู้ป่วยที่เป็นมะเร็งบริเวณอุ้งเชิงกรานเพิ่มมากขึ้น ทั้งมะเร็งต่อมลูกหมาก มะเร็งปากมดลูก มะเร็งลำไส้ตรง มะเร็งกระเพาะปัสสาวะ รวมทั้งมะเร็งอื่นๆ^[1-3] ซึ่งการรักษาด้วยการฉายรังสีนั้นมีบทบาทอย่างมากในการรักษามะเร็งเหล่านี้ ทั้งการรักษาด้วยการฉายรังสีเพียงอย่างเดียว หรือการรักษาด้วยการฉายรังสีร่วมกับการรักษาอื่นๆ เช่น การผ่าตัด หรือการให้ยาเคมี และเพื่อให้ก้อนมะเร็งได้รับปริมาณรังสีตามที่วางแผนไว้โดยที่อวัยวะรอบข้างได้รับปริมาณรังสีน้อยที่สุด จึงทำให้ความถูกต้องและความแม่นยำในการจัดทำผู้ป่วยก่อนฉายรังสีในแต่ละวันมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง แต่อย่างไรก็ตามอาจมีความคลาดเคลื่อนอื่นๆ เกิดขึ้นได้ ซึ่งอาจเกิดได้จากการจัดทำผู้ป่วยก่อนฉายรังสีในแต่ละวัน ผู้ป่วยขยับตัว ขนาดตัว รวมถึงความผิดพลาดที่เกิดจากมนุษย์อื่นๆ

โดยปกติการจัดทำก่อนฉายรังสีในผู้ป่วยมะเร็งบริเวณอุ้งเชิงกรานถูกทำโดยใช้เลเซอร์ร่วมกับการทำสัญลักษณ์บนตัวผู้ป่วยที่ถูกทำขึ้นในวันที่ทำการจำลองการรักษาด้วยเครื่อง CT Simulator หลังจากนั้นทำการตรวจสอบตำแหน่งผู้ป่วยก่อนฉายรังสีด้วย Cone beam computed tomography ที่ระดับพลังงาน kV (kV-CBCT) เพื่อประเมินค่าความคลาดเคลื่อนในแนว translational แต่ในผู้ป่วยบางรายอาจเกิดอาการแพ้หมึกที่ใช้ในการทำสัญลักษณ์ซึ่งเป็นหมึกที่มีความเข้มข้นพิเศษ ซึ่งอาจส่งผลทำให้เกิดการระคายเคืองที่ผิวของผู้ป่วยเป็นแผลพุพอง และทิ้งรอยแผลเป็นไว้

ในปัจจุบันมีการนำระบบภาพพื้นผิวแบบ 3 มิติ (3D Surface imaging system) มาใช้ในการจัดทำผู้ป่วยก่อนฉายรังสีมากขึ้น^[4-6] เนื่องจากสามารถติดตามตำแหน่งผู้ป่วยได้ทั้งก่อน และระหว่างการทำฉายรังสี อีกทั้งยังเป็นการใช้รังสีชนิดไม่ก่อให้เกิดไอออน (non-ionizing radiation) ในการจัดทำตำแหน่งและไม่จำเป็นต้องทำ

สัญลักษณ์บนตัวผู้ป่วย ดังนั้นการใช้ระบบภาพพื้นผิวแบบ 3 มิติจึงเป็นวิธีที่เหมาะสมกับผู้ป่วยบางรายที่อาจเกิดอาการแพ้จากหมึกที่ใช้ในการทำสัญลักษณ์บนตัวผู้ป่วย โดยระบบจะแสดงเป็นภาพพื้นผิวของผู้ป่วยในขณะนั้น และนำภาพพื้นผิวที่ได้มาเปรียบเทียบกับภาพทางรังสีที่ได้มาจากการจำลองการรักษา ซึ่งระบบภาพพื้นผิวแบบ 3 มิตินี้นิยมใช้มากในการจัดทำก่อนฉายรังสีในผู้ป่วยมะเร็งเต้านม และผู้ป่วยมะเร็งปอด

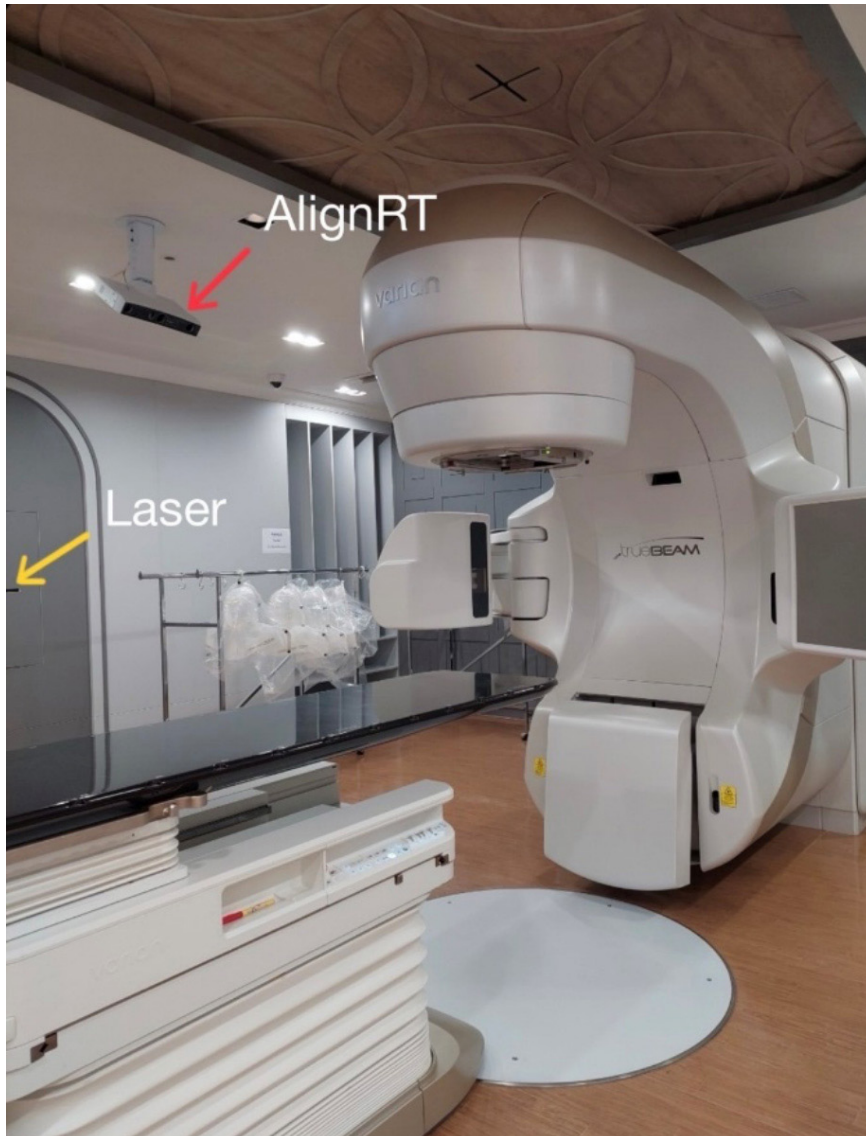
แผนกรังสีรักษาและมะเร็งวิทยา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย ได้มีการเพิ่มการใช้ระบบภาพพื้นผิวแบบ 3 มิติที่มีชื่อว่า AlignRT มาช่วยในการจัดทำผู้ป่วยมะเร็งบริเวณอุ้งเชิงกราน จากเดิมที่ในอดีตมีการขีดเส้นบนตัวผู้ป่วย และจัดทำโดยใช้เลเซอร์เท่านั้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาและประเมินความคลาดเคลื่อนของการจัดทำก่อนฉายรังสีในผู้ป่วยมะเร็งบริเวณอุ้งเชิงกรานของการจัดทำด้วยระบบเลเซอร์ และระบบ AlignRT

วัสดุและวิธีการ

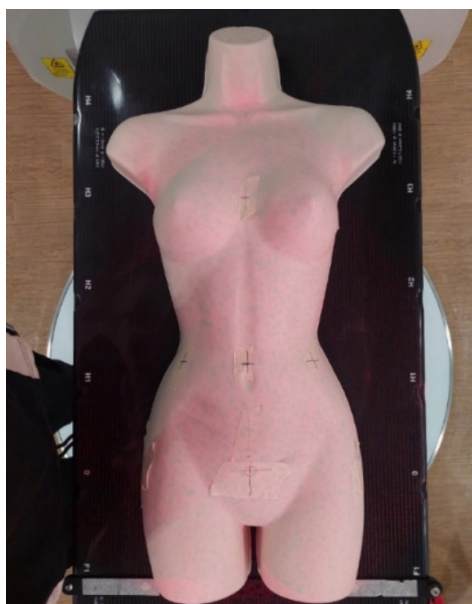
กลุ่มตัวอย่างของงานวิจัยนี้ได้แก่ ผู้ป่วยมะเร็งบริเวณอุ้งเชิงกรานที่เข้ารับการรักษาโดยการฉายรังสีที่โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทยจำนวน 10 ราย ซึ่งผู้ป่วยทุกรายได้รับการฉายรังสีด้วยเครื่องเร่งอนุภาคยี่ห้อ Varian รุ่น TrueBeam (Varian Medical System, Palo Alto, CA, USA) ที่มีการติดตั้งระบบภาพพื้นผิวแบบสามมิติหรือ AlignRT ดังที่แสดงในภาพที่ 1 งานวิจัยนี้เป็นการเก็บข้อมูลแบบไปข้างหน้า (prospective) ซึ่งผู้ป่วยแต่ละรายจะได้รับการจัดทำด้วยระบบเลเซอร์ และระบบ AlignRT สลับวันเว้นวัน รวมทั้งงานวิจัยนี้ยังได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับคุณลักษณะของระบบ AlignRT ซึ่งทำการทดสอบทั้งหมด 3 หัวข้อที่สงสัยว่าจะอาจส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของระบบ AlignRT ได้แก่ การประกันคุณภาพ (Daily QA) การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อ

ระบบ และการตรวจสอบความถูกต้องในการอ่านค่าความคลาดเคลื่อนของระบบ โดยทำการศึกษาในหุ่นจำลอง Female torso phantom เพื่อใช้เป็น Surface phantom ดังที่แสดงในภาพที่ 2 และงานวิจัย

นี้ได้ขออนุญาตการทำวิจัยในมนุษย์จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยหมายเลขจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของการวิจัยนี้คือ 0061/68



ภาพที่ 1 เครื่องเร่งอนุภาคยี่ห้อ Varian รุ่น TrueBeam ที่มีการติดตั้งระบบภาพผิวแบบสามมิติหรือ AlignRT



ภาพที่ 2 Female torso phantom (The Competitive Store, Santa Ana, USA)

งานวิจัยนี้ถูกแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ ส่วนแรก ทำการศึกษาคุณลักษณะของระบบ AlignRT ซึ่งทำการศึกษาในหุ่นจำลอง และส่วนที่สองเป็นการเก็บข้อมูล ค่าความคลาดเคลื่อนในการจัดทำผู้ป่วยบริเวณ อุ้งเชิงกรานทั้งการจัดทำโดยใช้ระบบ AlignRT และการจัดทำโดยใช้ระบบเลเซอร์ ซึ่งทำการศึกษาในผู้ป่วยจริง

การศึกษาคุณลักษณะของระบบ AlignRT ทดสอบ ทั้งหมด 3 หัวข้อ ดังต่อไปนี้

1. Daily QA

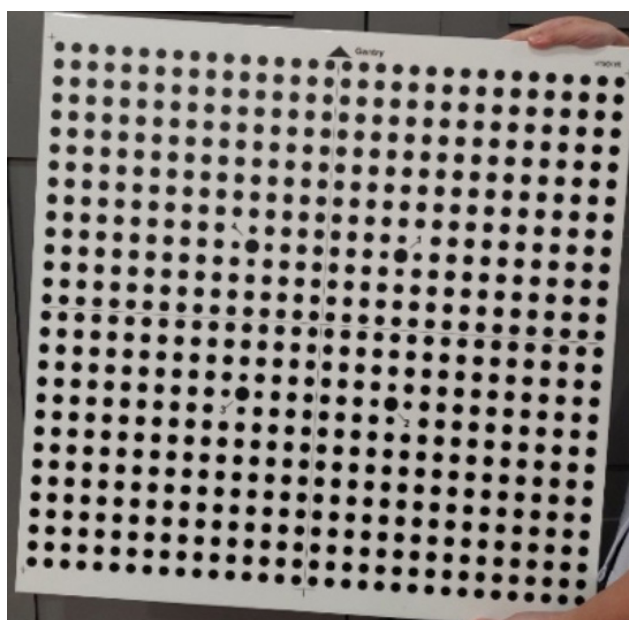
การทำประกันคุณภาพประจำวันในทุกๆ วันก่อนฉายรังสี โดยเก็บค่าความคลาดเคลื่อนเป็นระยะเวลา 30 วัน ทำโดยนำ AlignRT Calibration Plate ดังแสดงในภาพที่ 3 วางบนเตียงของเครื่องฉาย จากนั้นปรับ Gantry angle และ Collimator angle ให้เป็น 0 องศา รวมทั้งกำหนดระยะของแหล่งกำเนิดรังสีถึงพื้นผิว (SSD)

เป็น 100 ซม. แล้วจึงจัดตำแหน่งให้ตำแหน่งของเส้นบน AlignRT Calibration Plate ตรงกับเลเซอร์ของเครื่องฉาย จากนั้นซอฟต์แวร์จะทำการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนออกมาเป็นค่า Maximum Root mean square (RMS) ในหน่วยมิลลิเมตร

2. การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระบบ AlignRT งานวิจัยนี้จะทำการศึกษา 4 ปัจจัย ดังนี้

2.1 Gantry angle effect

ตรวจสอบผลกระทบจากการหมุนของหัวเครื่อง (Gantry) โดยการจัดตำแหน่งหุ่นจำลอง Female torso phantom บนเตียงฉาย จากนั้นทำการถ่ายภาพพื้นผิวของหุ่นจำลองโดยระบบ AlignRT เพื่อใช้เป็นภาพอ้างอิง จากนั้นหมุนหัวเครื่องฉายไปยังมุมต่างๆ โดยหมุนมุมของหัวเครื่องฉายตั้งแต่ 0 องศาไปจนถึง 360 องศา โดยเพิ่มมุมไปที่ละ 5 องศา ตัวอย่างการหมุนหัวเครื่องแสดงดังภาพที่ 4



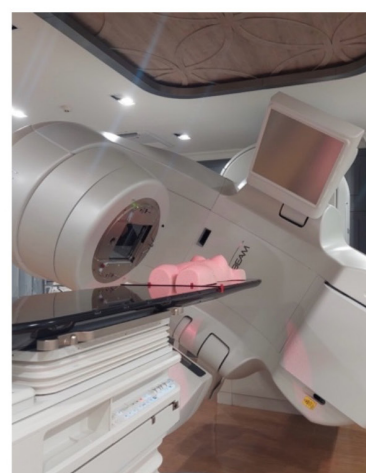
ภาพที่ 3 AlignRT Calibration Plate



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 4 การศึกษาผลกระทบต่อความถูกต้องของระบบ AlignRT เมื่อหมุนมุมของหัวเครื่อง (Gantry angle) ไปที่มุมต่างๆ โดยรูป (ก) Gantry angle เท่ากับ 0 องศา (ข) Gantry angle เท่ากับ 15 องศา (ค) Gantry angle เท่ากับ 340 องศา

2.2 Couch angle effect

ตรวจสอบผลกระทบจากการหมุนของเตียง โดยการจัดตำแหน่งหุ่นจำลอง Female torso phantom บนเตียงฉาย จากนั้นทำการถ่ายภาพพื้นผิวของหุ่นจำลอง โดยระบบ AlignRT เพื่อใช้เป็นภาพอ้างอิง จากนั้นหมุนเตียงไปที่มุมต่างๆกัน โดยหมุนเตียงรอบฐานเตียง (yaw) ตั้งแต่ 0 องศาไปจนถึง 60 องศา โดยทำการเพิ่มมุมของเตียงครั้งละ 10 องศา ทั้งการหมุนเตียงไปทางด้านซ้ายและด้านขวา ตัวอย่างการหมุนเตียงแสดงดังภาพที่ 5

2.3 Room light effect

ตรวจสอบผลกระทบจากความสว่างภายในห้องฉาย โดยการจัดตำแหน่งหุ่นจำลอง Female torso phantom บนเตียงฉาย จากนั้นทำการถ่ายภาพพื้นผิวของหุ่นจำลองโดยระบบ AlignRT เพื่อใช้เป็นภาพอ้างอิง จากนั้นปรับความเข้มแสงภายในห้องฉายที่ระดับต่างๆ กัน ตามเงื่อนไขของการเปิดไฟตามจำนวนสวิตช์ไฟ ภายในห้องฉาย ได้แก่ 345, 325, 200, 130, 65, 30, 8, 0.6 lux ซึ่งค่าความเข้มแสงนั้นได้มาจากการวัดด้วย lux meter

โดยที่ 345 lux เป็นค่าความเข้มแสงที่ได้จากการเปิดสวิตช์ไฟทั้งหมดทุกดวงในห้องฉาย ไปจนถึง 0.6 lux เป็นค่าความเข้มแสงที่ได้จากการปิดสวิตช์ไฟทุกดวงในห้องฉาย

2.4 Region of interest effect

ตรวจสอบผลกระทบจากขอบเขตที่สนใจ โดยจัดตำแหน่งหุ่นจำลอง Female torso phantom บนเตียงฉาย จากนั้นทำการใช้ระบบ AlignRT ในการตรวจจับภาพสามมิติแบบตลอดเวลาในการสร้างภาพจำลองพื้นผิวในขอบเขตที่สนใจที่มีขนาดต่างๆ โดยทำการเปลี่ยนแปลงขอบเขตที่สนใจ 6 ขนาด ได้แก่ Small at center (ครอบคลุมบริเวณจุดตรงกลางบริเวณอุ้งเชิงกราน), Total Body (ครอบคลุมบริเวณอุ้งเชิงกรานเกือบทั้งหมดของหุ่นจำลอง), No ROI (ครอบคลุมบริเวณเอวไปจนถึงต้นขาของหุ่นจำลอง), Default ROI (ครอบคลุมบริเวณอุ้งเชิงกรานทั้งหมด), Half left (ครอบคลุมบริเวณอุ้งเชิงกรานด้านซ้ายของหุ่นจำลอง), Half right (ครอบคลุมบริเวณอุ้งเชิงกรานด้านขวาของหุ่นจำลอง) แสดงดังภาพที่ 6

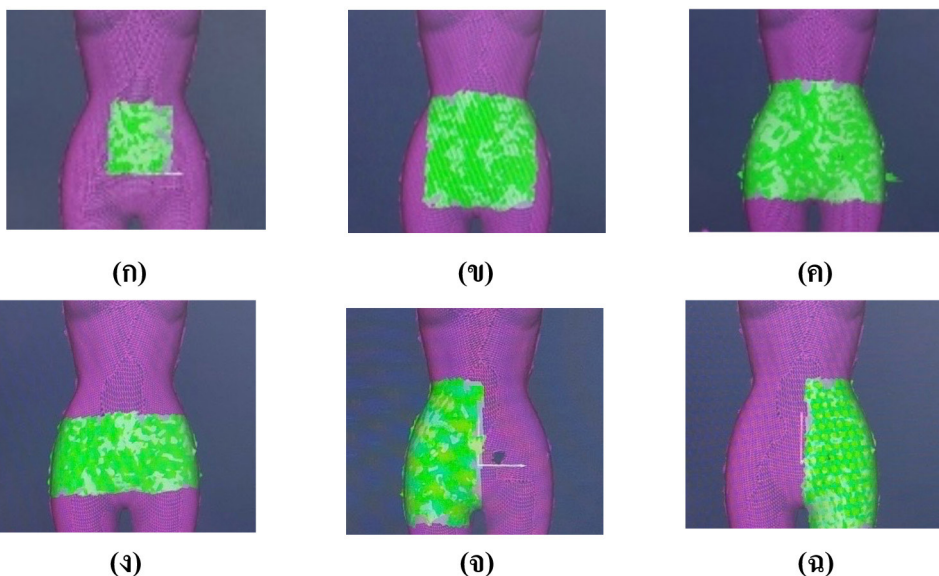


(ก)



(ข)

ภาพที่ 5 การศึกษาผลกระทบต่อความถูกต้องของระบบ AlignRT เมื่อหมุนมุมของเตียง (Couch angle) ไปที่มุมต่างๆ โดยรูป (ก) Couch angle เท่ากับ -60 องศา (ข) Couch angle เท่ากับ 60 องศา



ภาพที่ 6 การศึกษาผลกระทบต่อความถูกต้องของระบบ AlignRT ที่ขนาดขอบเขต (ROI) ให้มีขนาดต่างๆ โดยรูป (ก) Small at center (ข) Total Body (ค) No ROI (ง) Default ROI (จ) Half left (ฉ) Half right

3. การตรวจสอบความถูกต้องในการอ่านค่าความคลาดเคลื่อนของระบบ AlignRT

ทดสอบทั้งในแนว Translation และ Rotation ทำการเลื่อนตำแหน่งเตียงที่มีหุ่นจำลองจากตำแหน่ง Isocenter ไปที่ระยะต่างๆ ได้แก่ 1, 3, 5 และ 10 มิลลิเมตร จากนั้นทำการอ่านค่าที่ได้จากระบบ AlignRT โดยการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนที่ AlignRT อ่านได้กับระยะของตำแหน่งที่เลื่อนหุ่นจำลอง นั้นว่ามีค่าเท่ากันหรือไม่

จากนั้น ทำการเก็บข้อมูลค่าความคลาดเคลื่อนในการจัดทำผู้ป่วยบริเวณอวัยวะเชิงกรานประจำวัน ทั้งการจัดทำโดยใช้ระบบ AlignRT และระบบเลเซอร์ ผู้ป่วยทุกรายต้องกลั่นปัสสาวะก่อนได้รับการฉายรังสี และตรวจสอบตำแหน่งก่อนฉายรังสีด้วย CBCT ทุกครั้ง

หลังจัดทำ โดยให้ผู้ป่วยยกมือขึ้นวางไว้บนหน้าอก ร่วมกับใช้ foot support โดยงานวิจัยนี้ผู้ป่วยทุกรายได้รับการจัดทำทั้ง 2 วิธี โดยจัดด้วยระบบเลเซอร์ในวันที่ลงท่ายด้วยเลขคู่ และจัดด้วยระบบ AlignRT ในวันที่ลงท่ายด้วยเลขคี่ และทำการเก็บข้อมูลในผู้ป่วยมะเร็งบริเวณอวัยวะเชิงกรานที่ได้รับการฉายรังสีด้วยเทคนิค 3D-CRT หรือ VMAT แบบ Conventional fraction งานวิจัยนี้ทำการเก็บค่าความคลาดเคลื่อนในแนว Translation ซึ่งได้แก่ longitudinal, lateral และ vertical ของทั้งสองวิธี จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนโดยใช้ unpaired-samples t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ หรือที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 วิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม SPSS version 28

ผลการศึกษา

จากการศึกษาคุณลักษณะของระบบ AlignRT แสดงผลในหัวข้อต่างๆ ได้ดังนี้

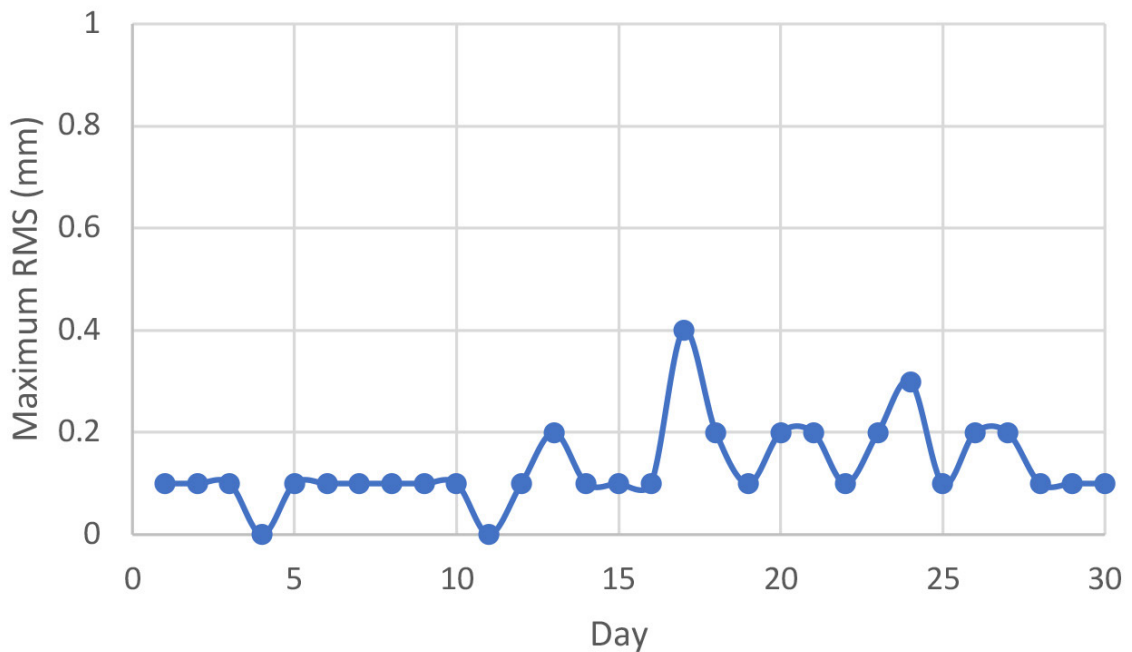
1. Daily QA

ค่า Maximum Root Mean Square หรือค่า Maximum RMS ที่เป็นค่าความคลาดเคลื่อนของระบบ AlignRT โดยเก็บค่าเป็นระยะเวลา 30 วันในเวลาทำการ พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วงระหว่าง 0.0 ถึง 0.4 มิลลิเมตร ดังแสดงในภาพที่ 7

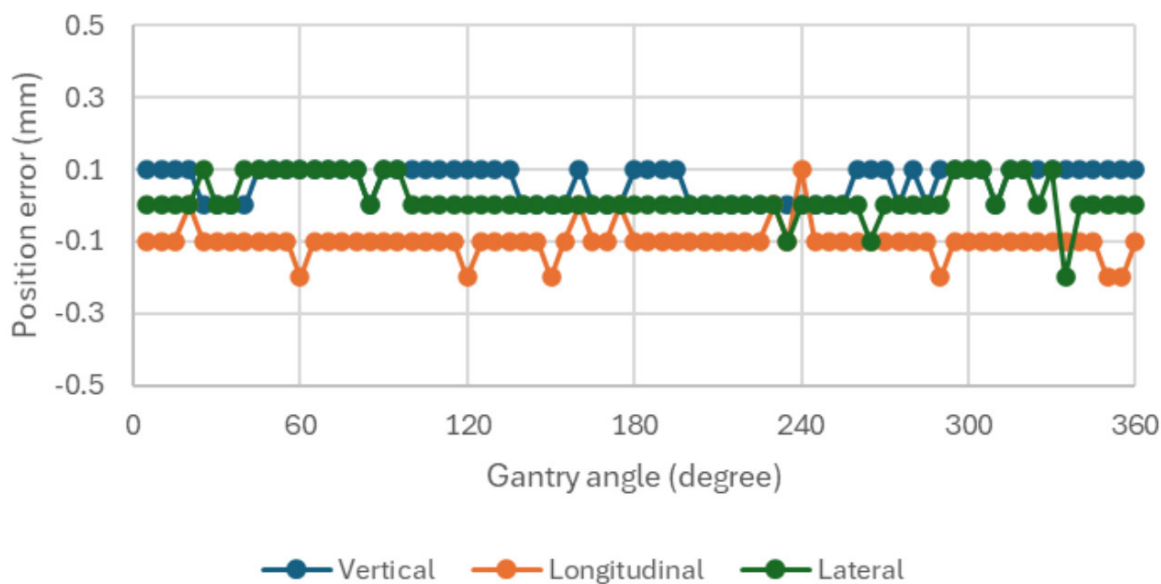
2. ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระบบ AlignRT

2.1 Gantry angle effect

ค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างภาพ surface image ที่เป็นภาพอ้างอิง และภาพที่ตรวจจับโดยระบบ AlignRT ระหว่างการหมุนของ gantry ทุกๆ 5 องศา จนครบรอบ พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วงระหว่าง -0.20 ถึง 0.10 มิลลิเมตร ทั้งในแนวของ vertical, longitudinal และ lateral ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 7 กราฟแสดงผลการประกันคุณภาพประจำวันของระบบ AlignRT



ภาพที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งหุ่นจำลองที่ระบบ AlignRT อ่านได้และมุมต่างๆ ของ Gantry ที่หมุนไปจนครบรอบ

2.2 Couch angle effect

เมื่อทำการหมุนเตียงไปที่มุมต่างๆ พบว่า AlignRT สามารถอ่านค่ามุมได้อย่างถูกต้อง มีความคลาดเคลื่อนสูงสุดเพียง 0.1 องศาเท่านั้น ดังแสดงในตารางที่ 1

2.3 Room light effect

จากการเก็บค่าความคลาดเคลื่อนในแนวระนาบเลื่อนขนาน (Translation) ซึ่งได้จากการเปรียบเทียบระหว่างภาพอ้างอิงที่ได้จากการถ่ายภาพพื้นผิวของหุ่นจำลอง surface phantom และภาพพื้นผิวที่ได้จากการตรวจจับโดยระบบ AlignRT พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนในแนวระนาบเลื่อนขนาน (Translation) อยู่ในช่วงระหว่าง 0.0 ถึง 0.1 มิลลิเมตร ทั้งในแนวของ vertical, longitudinal และ lateral ดังที่แสดงในตารางที่ 2

2.4 Region of interest effect

จากการตรวจจับโดยระบบ AlignRT บนขอบเขตที่สนใจขนาดต่างๆ กัน 6 ขนาด พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนในแนวระนาบเลื่อนขนาน (Translation) อยู่ในช่วงระหว่าง -0.2 ถึง 0.2 มิลลิเมตร จึงสามารถกล่าวได้ว่าขนาดของขอบเขตที่สนใจ (ROI) มีผลต่อการอ่านค่าความคลาดเคลื่อนของระบบ AlignRT น้อยมาก โดยรูปแบบ ROI ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนมากที่สุดคือ Half left (20x40cm²) และรูปแบบ ROI ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดคือ Total body (40x40cm²) ดังที่แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 1 บันทึกผลค่าความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งหุ่นจำลองในการหมุนเตียงในมุมที่แตกต่างกันโดยใช้ระบบ AlignRT ในการจัดตำแหน่ง

Couch Angle (°)	Rotational Error (°)
	YAW
-60	-60.1
-50	-50.1
-40	-40.0
-30	-30.0
-20	-20.0
-10	-10.1
0	0.0
10	10.0
20	20.0
30	30.0
40	40.0
50	50.0
60	60.1

คำย่อ: YAW=ความคลาดเคลื่อนในแนวเอียงซ้าย-ขวาจากแนวกึ่งกลาง

ตารางที่ 2 บันทึกผลค่าความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งหุ่นจำลองที่มีระดับความเข้มแสงภายในห้องฉายที่แตกต่างกันโดยใช้ระบบ AlignRT ในการจัดตำแหน่ง

Room light intensity (Cd/m ²)	Translational Error (mm)		
	Vertical	Longitudinal	Lateral
345	0.1	0.0	0.0
325	0.1	0.0	0.0
200	0.1	0.0	0.0
130	0.1	0.1	0.0
65	0.1	0.1	0.0
30	0.1	0.1	0.1
8	0.1	0.1	0.0
0.6	0.1	0.1	0.0

ตารางที่ 3 บันทึกผลค่าความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งหุ่นจำลองที่มีขนาด ROI แตกต่างกันโดยใช้ระบบ AlignRT ในการจัดตำแหน่ง

ROI Types	Translational Error (mm)		
	Vertical	Longitudinal	Lateral
Small at center (10x10cm ²)	0.1	-0.1	0.0
Total body (40x40cm ²)	0.1	0.0	0.0
No ROI (50x50cm ²)	0.1	-0.1	0.0
Default ROI (20x30cm ²)	0.2	0.0	0.1
Half right (20x40cm ²)	0.1	0.0	0.1
Half left (20x40cm ²)	0.2	-0.2	-0.1

3. การตรวจสอบความถูกต้องในการอ่านค่าความคลาดเคลื่อนของระบบ AlignRT

3.1 ความถูกต้องในการอ่านค่าแนว Translation พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนในแนวระนาบเลื่อน

ขนาน (Translation) อยู่ในช่วงระหว่าง -0.1 ถึง 0.1 มิลลิเมตร ทั้งในแนวของ Vertical, Longitudinal และ Lateral ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 บันทึกผลค่าความคลาดเคลื่อนที่อ่านได้จากระบบ AlignRT เมื่อเลื่อนตำแหน่งหุ่นจำลองไปที่ระยะต่างๆ ในแนวเลื่อนขนานบนระนาบ (Translation) หมุนมุมหัวเครื่องฉาย (Gantry angle) ไปที่ 0 องศา

Trial No.	Known Shifted (mm) (Vertical, Longitudinal, Lateral)	Translational Error (mm)		
		Vertical	Longitudinal	Lateral
1	(0, 0, 1)	0.0	-0.1	0.9
2	(0, 0, 3)	0.0	-0.1	3.0
3	(0, 0, 5)	0.0	-0.1	5.1
4	(0, 0, 10)	0.0	-0.1	10.1
5	(0, 1, 0)	0.0	1.1	0.1
6	(0, 3, 0)	0.0	2.9	0.0
7	(0, 5, 0)	0.0	5.1	0.0
8	(0, 10, 0)	-0.1	10.1	0.0
9	(1, 0, 0)	0.1	0.0	0.0
10	(3, 0, 0)	3.0	0.0	0.0
11	(5, 0, 0)	5.0	0.0	0.0
12	(10, 0, 0)	10.0	0.0	0.0
13	(1, 1, 1)	1.0	1.0	1.1
14	(3, 3, 3)	3.0	2.9	3.0
15	(5, 5, 5)	5.0	4.9	5.1
16	(10, 10, 10)	10.0	10.0	10.0

แนว Lateral ค่าลบ แทนความคลาดเคลื่อนไปทางซ้ายจากภาพอ้างอิง และ ค่าบวก แทนความคลาดเคลื่อนไปทางขวาจากภาพอ้างอิง
แนว Longitudinal ค่าลบ แทนความคลาดเคลื่อนไปทางเท้าจากภาพอ้างอิง และ ค่าบวก แทนความคลาดเคลื่อนไปทางหัวจากภาพอ้างอิง
แนว Vertical ค่าลบ แทนความคลาดเคลื่อนไปทางต่ำกว่าภาพอ้างอิง และ ค่าบวก แทนความคลาดเคลื่อนไปทางสูงกว่าภาพอ้างอิง

3.2 ความถูกต้องในการอ่านค่าแนว Rotation พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนในแนวหมุนทุกแนวทั้งในแนวของ Yaw, Roll, และ Pitch อ่านค่าได้ตรงกับ

มุมที่หมุนจริง โดยไม่มีความคลาดเคลื่อนดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 บันทึกผลค่าความคลาดเคลื่อนที่อ่านได้จากระบบ AlignRT เมื่อเลื่อนตำแหน่งหุ่นจำลองไปที่ระยะต่างๆ ในแนวหมุน (Rotational) เมื่อหมุนมุมหัวเครื่องฉาย (Gantry angle) ไปที่ 0 องศา

Trial No.	Known Shifted (°) (Yaw, Roll, Pitch)	Rotational Error (°)		
		Yaw	Roll	Pitch
1	(0, 0, 1)	0.0	0.0	1.0
2	(0, 0, 3)	0.0	0.0	3.0
3	(0, 0, 5)	0.0	0.0	5.0
4	(0, 0, 10)	0.0	0.0	10.0
5	(0, 1, 0)	0.0	1.0	0.0
6	(0, 3, 0)	0.0	3.0	0.0
7	(0, 5, 0)	0.0	5.0	0.0
8	(0, 10, 0)	0.0	10.0	0.0
9	(1, 0, 0)	1.0	0.0	0.0
10	(3, 0, 0)	3.0	0.0	0.0
11	(5, 0, 0)	5.0	0.0	0.0
12	(10, 0, 0)	10.0	0.0	0.0

เก็บข้อมูลค่าความคลาดเคลื่อนของผู้ป่วย 26 fractions/ราย โดยผู้ป่วยแต่ละรายได้รับการจัดทำด้วยระบบ AlignRT 13 fractions ในวันที่ลงท้ายด้วยเลขคี่ และระบบเลเซอร์ 13 fractions ในวันที่ลงท้ายด้วยเลขคู่ ซึ่งค่า Mean ของระบบ AlignRT คำนวณมาจาก 13 fractions/ผู้ป่วยหนึ่งราย ทั้งหมด 10 ราย รวมเป็น

130 fractions และค่า Mean ของระบบเลเซอร์ คำนวณมาจาก 13 fractions/ผู้ป่วยหนึ่งราย ทั้งหมด 10 ราย รวมเป็น 130 fractions

จากการเปรียบเทียบข้อมูลค่าความคลาดเคลื่อนในการจัดทำผู้ป่วยบริเวณอู่เชิงกรานระหว่างการจัดทำผู้ป่วยก่อนฉายรังสีโดยใช้ระบบ AlignRT และระบบ

เลเซอร์ พบว่าค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนใน Vertical, Longitudinal และ Lateral ของการจัดท่าผู้ป่วยก่อนฉายรังสีด้วยระบบ AlignRT มีค่าเท่ากับ 0.36 ± 0.25 , 0.31 ± 0.23 และ 0.21 ± 0.23 เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่การจัดท่าผู้ป่วยโดยใช้ระบบเลเซอร์นั้นให้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.30 ± 0.22 , 0.36 ± 0.26 และ 0.29 ± 0.26 เซนติเมตร ในแนว Vertical, Longitudinal และ Lateral ตามลำดับ โดยค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการจัดท่าด้วยระบบ AlignRT และระบบเลเซอร์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแนว Lateral แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนว Vertical และ Longitudinal ดังที่แสดงในตารางที่ 6

บทวิจารณ์

จากผลการทำ Daily QA ของระบบ AlignRT ที่ได้จากงานวิจัยนี้ พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วงระหว่าง 0.0 ถึง 0.4 มิลลิเมตร ซึ่งถือว่ามีความคลาดเคลื่อนน้อย เนื่องจากค่าวิกฤต (Critical value) ในการทำประกันคุณภาพประจำวันของระบบ AlignRT

กำหนดไว้ที่ 1.0 มิลลิเมตร ซึ่งหากค่า RMS เกิน 1.0 มิลลิเมตร จะต้องทำการปรับเทียบระบบ AlignRT ใหม่ก่อนที่จะนำระบบ AlignRT ไปใช้งาน โดยผลในงานวิจัยนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Dennis NS และคณะ^[7] ที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการประกันคุณภาพของระบบภาพพื้นผิวแบบสามมิติของบริษัทต่างๆ ซึ่งรวมถึงระบบ AlignRT (VisionRT) พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนของระบบ AlignRT จากการทำ Daily QA มีค่าที่น้อยกว่า 1.0 มิลลิเมตร

จากผลการศึกษาคุณลักษณะของระบบ AlignRT พบว่าทุกปัจจัยส่งผลกระทบต่อระบบน้อยมาก โดยผลของมุมหัวเครื่องฉายรังสี ผลของมุมเตียง ความสว่างในห้องฉาย และขอบเขตที่สนใจ อยู่ภายใน 0.2 มม., 0.1 องศา, 0.1 มม., และ 0.2 มม. ตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้ค่อนข้างดีกว่างานวิจัยของ Wisetrintong M. และคณะ^[8] ที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติและปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของระบบ AlignRT (Version 5.0) ทั้งนี้ อาจเป็นผลเนื่องมาจากงานวิจัยนี้ ใช้ระบบ AlignRT ในเวอร์ชันที่ใหม่กว่า (Version 6.3.1) ทำให้มีการแก้ไขข้อจำกัดของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อความถูกต้องของการอ่านค่า

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนในแนวเลื่อนขนานบนระนาบ (Translational error) ระหว่างการจัดท่าผู้ป่วยก่อนฉายรังสีโดยใช้ระบบ AlignRT และระบบเลเซอร์

Translation	Systems	Fractions	Mean (cm)	SD (cm)	t	p
Vertical	AlignRT	130	0.36	0.25	1.825	0.069
	Laser	130	0.30	0.22		
Longitudinal	AlignRT	130	0.31	0.23	-1.675	0.095
	Laser	130	0.36	0.26		
Lateral	AlignRT	130	0.21	0.23	-2.775	0.006
	Laser	130	0.29	0.26		

ผลการศึกษาความถูกต้องในการอ่านค่าความคลาดเคลื่อนของระบบ AlignRT พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยมาก โดยมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.0 มิลลิเมตรในแนว Translation อีกทั้งไม่พบความคลาดเคลื่อนในแนว Rotation ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยของ Kang S. และคณะ^[9] ที่ให้ผลค่าความคลาดเคลื่อนในแนว Rotation ที่มากกว่า โดยงานวิจัยดังกล่าวศึกษาเกี่ยวกับความถูกต้องของค่าความในแนว Rotation ที่อ่านได้จากระบบ AlignRT ของเครื่อง Halcyon อย่างไรก็ตามผลของทั้งสองงานวิจัยสามารถสรุปได้ว่าระบบ AlignRT มีความถูกต้องในการอ่านค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากมีค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนในแนว Rotation น้อยมาก ทั้งนี้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้ อาจแตกต่างกันเล็กน้อย เนื่องจากการปรับมุมในแนว Rotation ที่แตกต่างกัน

จากผลการศึกษาความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการจัดตำแหน่งผู้ป่วยโดยใช้ระบบ AlignRT และระบบเลเซอร์ พบว่าการใช้ระบบ AlignRT ในการจัดทำผู้ป่วยให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าการจัดทำด้วยระบบเลเซอร์ในแนว Lateral และแนว Longitudinal โดยให้ผลค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแนว Lateral เพียงแนวเดียวเท่านั้น และนอกจากนี้ยังพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนในแนว Vertical ที่ได้จากการใช้ระบบ AlignRT ในการจัดทำมีค่ามากกว่าการใช้ระบบเลเซอร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้การที่ค่าความคลาดเคลื่อนในแนว Vertical ของการจัดทำโดยใช้ระบบ AlignRT มีค่ามากกว่าเป็นผลมาจากข้อจำกัดของระบบ AlignRT ในการตรวจจับพื้นผิวที่มีความราบเรียบ ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลทำให้การใช้ระบบ AlignRT ในการจัดทำแนว Vertical ที่บริเวณอุ้งเชิงกรานซึ่งเป็นพื้นผิวที่ราบเรียบมีความคลาดเคลื่อนได้มากกว่าแนวอื่น ซึ่งผลมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Nguyen D. และคณะ^[10] ที่ศึกษาและเปรียบเทียบการจัดทำผู้ป่วยมะเร็งเต้านม

ด้วยระบบภาพนำวิถีชนิดผิวด้วยอินฟราเรด ได้ผลว่าการใช้ระบบภาพนำวิถีชนิดผิวด้วยอินฟราเรด สามารถลดค่าความคลาดเคลื่อนในทุกทิศทางในแนว Translation และแนว Rotation ได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับการจัดด้วยระบบเลเซอร์ และในงานวิจัยของ Kang S. และคณะ^[9] ที่ศึกษาเปรียบเทียบ

ระหว่างความถูกต้องในการจัดตำแหน่งด้วยระบบเลเซอร์และระบบ AlignRT ที่ถูกติดตั้งในเครื่อง Halcyon ให้ผลที่สอดคล้องกับงานวิจัยนี้ ซึ่งพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการใช้ระบบ AlignRT ในการจัดตำแหน่งผู้ป่วยมีค่าน้อยกว่าการใช้ระบบเลเซอร์ในแนว Vertical และ Lateral โดยน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญในแนว Vertical เพียงแนวเดียวเท่านั้น เนื่องจากระบบ AlignRT สามารถตรวจจับพื้นผิวที่มีความลาดเอียงได้ดี ดังนั้นการใช้ระบบ AlignRT ในการจัดทำผู้ป่วยบริเวณเต้านมที่มีความโค้งงอในแนว Vertical และ Lateral จึงทำให้มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อย อีกทั้งผลที่ได้ยังมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mannerberg A และคณะ^[11] ที่ศึกษาเปรียบเทียบการจัดตำแหน่งผู้ป่วยมะเร็งต่อมลูกหมากระหว่างการใช้ระบบเลเซอร์กับระบบ CatalystTM ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่าการใช้ระบบ CatalystTM ที่จัดเป็นหนึ่งในระบบภาพนำวิถีชนิดผิวด้วยอินฟราเรด (SGRT) นั้นสามารถช่วยลดค่าความคลาดเคลื่อนในการจัดทำผู้ป่วยได้อย่างมีนัยสำคัญ

ข้อสรุป

ผลการศึกษาคุณลักษณะของระบบ AlignRT แสดงให้เห็นว่าระบบมีความน่าเชื่อถือ ถูกต้องและแม่นยำ ก่อนนำไปใช้กับผู้ป่วย เนื่องจากมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในระดับที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.0 มิลลิเมตร จึงสามารถใช้เป็นระบบภาพนำวิถีในการจัดตำแหน่งผู้ป่วยก่อนฉายรังสีให้ถูกต้องยิ่งขึ้นได้

ผลการศึกษาค่าความคลาดเคลื่อนจากการจัดตำแหน่งผู้ป่วยโดยใช้ระบบ AlignRT และระบบเลเซอร์ แสดงให้เห็นถึงความแม่นยำและความน่าเชื่อถือในการจัดทำผู้ป่วยก่อนฉายรังสีของระบบ AlignRT โดยสามารถลดค่าความคลาดเคลื่อน เมื่อเปรียบเทียบกับระบบเลเซอร์แบบเดิมได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในแนว lateral สรุปลงได้ว่าสามารถนำระบบ AlignRT มาประยุกต์ใช้สำหรับ

จัดทำผู้ป่วยทดแทนวิธีการใช้ระบบเลเซอร์ซึ่งเป็นวิธีการแบบดั้งเดิมในการจัดทำผู้ป่วยก่อนฉายรังสีร่วมกับการทำสัญลักษณ์หรือขีดเส้นบนตัวผู้ป่วย ส่งผลให้ไม่ต้องคอยระวังการเลื่อนของเส้นที่ขีดบนตัวผู้ป่วยที่อาจทำให้เกิดการจัดทำที่คลาดเคลื่อนและเสียเวลาในการจัดทำผู้ป่วยใหม่ รวมทั้งยังเป็นประโยชน์ต่อผู้ป่วยที่อาจมีอาการแพ้หมึกหรือ gentian violet ที่ใช้ขีดเส้นบนตัวผู้ป่วย

เอกสารอ้างอิง

1. Fund WCR. Cervical cancer statistics London: World Cancer Research Fund; 2022 [cited 2025 Apr]. Retrieved from: <https://www.wcrf.org/preventing-cancer/cancer-statistics/cervical-cancer-statistics/>.
2. Quaye E. Prostate Cancer Statistics New York Cancer Therapy Advisor; 2024 [cited 2025 Apr 20]. Retrieved from: <https://www.cancertherapyadvisor.com/factsheets/prostate-cancer-statistics/>.
3. กรมการแพทย์. มีนาคม ร่วมใจต้านภัยมะเร็งลำไส้ใหญ่และไส้ตรง นนทบุรี: กรมการแพทย์; 2565 [เข้าถึง 2568 20 เมษายน]. สืบค้นจาก: https://www.dms.go.th/Content/Select_Landding_page?contentId=32386.
4. Herron E, Murray M, Hilton L, Goldstein T, Ogunleye TB, Daniel B. Surface-guided radiation therapy as a replacement for patient marks in treatment of breast cancer. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2018;102:e492-e3.
5. Kügele M, Mannerberg A, Nørring BS, Alkner S, Berg L, Mahmood F et al. Surface-guided radiotherapy improves breast cancer patient setup accuracy. J Appl Clin Med Phys. 2019;20:61-8.
6. Selby A. Implementing SGRT for breast radiotherapy treatment 2025 [cited 2025 Apr 20]. Retrieved from: <https://c-rad.com/webinar-videos/surface-guided-radiation-therapy-using-c-rad-in-routine-clinical-practice-estro-2022/>.

7. Dennis N, Stanley PD. Getting started with surface imaging: system overview, commissioning and ongoing QA. United States: Department of Radiation Oncology, University of Alabama at Birmingham; 2011.
8. Wisetrintong M, Kanphet J. Factors influencing real-time 3D surface image-guided for patient setup in radiotherapy. J Thai Asso Rad Onco. 2024;30:76-90.
9. Kang S, Jin H, Chang JH, Jang BS, Shin KH, Chang H et al. Evaluation of initial patient setup methods for breast cancer between surface-guided radiation therapy and laser alignment based on skin marking in the Halcyon system. Radiat Oncol. 2023;18:60.
10. Nguyen D, Farah J, Josserand PF, Barbet N, Khodri M. Benefits and challenges of standard ceiling-mounted surface guided radiotherapy systems for breast treatments on Halcyon™. Radioprotection. 2021;56:295–301.
11. Mannerberg A, Kügele M, Hamid S, Edvardsson A, Petersson K, Gunnlaugsson A et al. Faster and more accurate patient positioning with surface-guided radiotherapy for ultra-hypofractionated prostate cancer patients. Tech Innov Patient Support Radiat Oncol. 2021; 19:41-5.

ภาคผนวก

ผู้ป่วยรายที่ 1

Disease: Cervix cancer

เทคนิคการฉายรังสี: VMAT

VisionRT				Laser			
Fraction Number	Translational Error (cm)			Fraction Number	Translational Error (cm)		
	VRT	LNG	LAT		VRT	LNG	LAT
1	0.36	0.02	0.01	2	0.15	0.28	0.15
3	0.27	0.64	0.05	4	0.18	0.31	0.74
5	0.03	0.19	0.13	6	0.01	0.09	0.24
7	0.78	0.25	0.09	8	0.19	0.26	0.6
9	0.04	0.22	0.11	10	0.07	0.58	0.75
11	0.22	0.30	0.02	12	0.19	0.32	0.22
13	0.03	0.38	0.02	14	0.09	0.20	0.36
15	0.38	0.43	0.15	16	0.36	0.38	0.69
17	0.17	0.56	0.20	18	0.51	0.63	0.08
19	0.81	0.28	0.06	20	0.06	0.27	0.27
21	0.21	0.18	0.07	22	0.06	0.37	0.47
23	0.10	0.48	0.04	24	0.07	0.22	0.15
25	0.36	0.02	0.01	26	0.03	0.33	0.18

ผู้ป่วยรายที่ 2
Disease: Cervix cancer
เทคนิคการฉายรังสี: VMAT

VisionRT				Laser			
Fraction Number	Translational Error (cm)			Fraction Number	Translational Error (cm)		
	VRT	LNG	LAT		VRT	LNG	LAT
1	0.20	0.29	0.24	2	0.57	0.70	0.11
3	0.19	0.20	0.30	4	0.63	0.76	0.01
5	1.05	0.80	0.22	6	0.80	0.50	0.02
7	0.86	0.73	0.15	8	0.33	0.12	0.18
9	0.64	0.80	0.05	10	0.40	0.60	0.36
11	0.93	1.34	0.04	12	0.73	0.50	0.35
13	0.40	0.09	0.17	14	0.79	0.12	0.34
15	0.94	0.22	0.12	16	0.41	0.18	0.47
17	0.61	0.9	0.40	18	0.00	0.75	0.16
19	0.20	0.20	0.33	20	0.16	0.98	0.31
21	0.61	0.54	0.20	22	0.20	0.13	0.40
23	0.27	0.53	0.10	24	0.70	0.40	0.50
25	0.30	0.10	0.12	26	0.30	0.84	0.07

ผู้ป่วยรายที่ 3

Disease: Cervix cancer

เทคนิคการฉายรังสี: VMAT

VisionRT				Laser			
Fraction Number	Translational Error (cm)			Fraction Number	Translational Error (cm)		
	VRT	LNG	LAT		VRT	LNG	LAT
1	0.06	0.10	0.25	2	0.10	0.34	0.80
3	0.09	0.38	0.09	4	0.29	0.63	0.36
5	0.13	0.48	0.14	6	0.49	0.41	0.34
7	0.05	0.05	0.34	8	0.30	0.41	0.20
9	0.68	0.42	0.21	10	0.29	0.27	0.40
11	0.37	0.34	0.18	12	0.32	0.27	0.21
13	0.07	0.38	0.04	14	0.12	0.16	0.06
15	0.15	0.35	0.02	16	0.41	0.05	0.07
17	0.31	0.09	0.30	18	0.46	0.69	0.55
19	0.04	0.11	0.20	20	0.05	0.69	0.06
21	0.41	0.34	0.34	22	0.14	0.02	0.90
23	0.50	0.61	0.24	24	0.14	0.11	0.75
25	0.84	0.32	0.34	26	0.35	0.23	0.10

ผู้ป่วยรายที่ 4

Disease: Cervix cancer

เทคนิคการฉายรังสี: VMAT

VisionRT				Laser			
Fraction Number	Translational Error (cm)			Fraction Number	Translational Error (cm)		
	VRT	LNG	LAT		VRT	LNG	LAT
1	0.31	0.35	0.22	2	0.11	0.57	0.18
3	0.15	0.06	0.47	4	0.12	0.32	0.29
5	0.32	0.05	0.49	6	0.59	0.26	0.05
7	0.05	0.13	0.12	8	0.16	1.13	0.69
9	0.31	0.60	0.28	10	0.39	0.21	0.77
11	0.03	0.31	0.03	12	0.35	0.17	0.45
13	0.08	0.01	0.13	14	0.15	0.18	1.14
15	0.42	0.78	0.50	16	0.17	0.02	0.54
17	0.06	0.12	0.17	18	0.28	0.18	0.63
19	0.52	0.35	0.86	20	0.31	0.05	0.09
21	0.09	0.55	0.01	22	0.03	0.05	0.10
23	0.04	0.14	0.28	24	0.13	0.15	0.00
25	0.10	0.07	0.19	26	0.28	0.08	0.21

ผู้ป่วยรายที่ 5
Disease: Cervix cancer
เทคนิคการฉายรังสี: 3D CRT

VisionRT				Laser			
Fraction Number	Translational Error (cm)			Fraction Number	Translational Error (cm)		
	VRT	LNG	LAT		VRT	LNG	LAT
1	0.23	0.19	0.04	2	0.02	0.43	0.03
3	0.15	0.20	0.63	4	0.00	0.04	0.05
5	0.40	0.35	0.79	6	0.22	0.04	0.21
7	0.40	0.01	0.51	8	0.11	0.04	1.19
9	0.37	0.03	1.07	10	0.07	0.03	0.00
11	0.25	0.01	0.19	12	0.31	0.70	0.18
13	0.36	0.62	0.07	14	0.12	0.34	0.02
15	0.76	0.51	0.70	16	0.20	0.5	0.25
17	0.21	0.12	0.52	18	0.60	0.32	0.42
19	0.16	0.08	0.03	20	0.43	0.22	0.14
21	0.17	0.43	0.01	22	0.05	0.46	0.26
23	0.28	0.11	0.06	24	0.06	0.64	0.04
25	0.10	0.24	0.27	26	0.40	0.70	0.21

ผู้ป่วยรายที่ 6
Disease: Cervix cancer
เทคนิคการฉายรังสี: 3D CRT

VisionRT				Laser			
Fraction Number	Translational Error (cm)			Fraction Number	Translational Error (cm)		
	VRT	LNG	LAT		VRT	LNG	LAT
1	0.36	0.24	0.12	2	0.26	0.41	0.03
3	0.20	0.48	0.16	4	0.12	0.57	0.31
5	0.11	0.67	0.15	6	0.12	0.24	0.58
7	0.11	0.66	0.06	8	0.08	0.64	0.13
9	0.23	0.59	0.34	10	0.13	0.47	0.03
11	0.08	0.71	0.23	12	0.24	0.55	0.22
13	0.08	0.57	0.08	14	0.05	0.60	0.17
15	0.29	0.55	0.02	16	0.41	0.07	0.28
17	0.70	0.45	0.74	18	0.67	0.02	0.14
19	0.25	0.43	0.03	20	0.19	0.38	0.11
21	0.16	0.05	0.23	22	0.05	0.50	0.77
23	0.55	0.17	0.5	24	0.58	0.90	0.80
25	0.23	0.23	0.03	26	0.21	0.54	0.51

ผู้ป่วยรายที่ 7
Disease: Prostate cancer
เทคนิคการฉายรังสี: VMAT

VisionRT				Laser			
Fraction Number	Translational Error (cm)			Fraction Number	Translational Error (cm)		
	VRT	LNG	LAT		VRT	LNG	LAT
1	0.05	0.00	1.67	2	0.55	0.04	0.10
3	0.33	0.08	0.15	4	0.10	0.24	0.54
5	0.69	0.62	0.19	6	0.68	0.37	0.16
7	0.03	0.61	0.03	8	0.16	0.28	0.34
9	0.70	0.20	0.16	10	0.07	0.14	0.56
11	0.24	0.16	0.05	12	0.15	0.34	0.41
13	0.28	0.32	0.22	14	0.09	0.19	0.71
15	0.16	0.35	0.11	16	0.67	0.46	0.02
17	0.60	0.27	0.04	18	0.42	0.63	0.08
19	0.52	0.28	0.20	20	0.87	0.12	0.37
21	0.29	0.09	0.47	22	0.13	0.01	0.46
23	0.36	0.09	0.47	24	0.28	0.07	0.02
25	0.45	0.10	0.08	26	0.70	0.30	0.70

ผู้ป่วยรายที่ 8
Disease: Prostate cancer
เทคนิคการฉายรังสี: VMAT

VisionRT				Laser			
Fraction Number	Translational Error (cm)			Fraction Number	Translational Error (cm)		
	VRT	LNG	LAT		VRT	LNG	LAT
1	0.43	0.62	0.18	2	0.17	0.56	0.46
3	0.44	0.02	0.08	4	0.09	0.41	0.31
5	0.71	0.32	0.01	6	0.28	0.97	0.08
7	0.56	0.59	0.36	8	0.32	0.86	0.14
9	0.48	0.18	0.18	10	0.63	0.30	0.62
11	0.62	0.09	0.12	12	0.58	0.25	0.20
13	0.40	0.18	0.03	14	0.46	0.89	0.04
15	0.32	0.00	0.16	16	0.61	0.87	0.11
17	0.40	0.40	0.14	18	0.53	0.01	0.42
19	0.30	0.15	0.09	20	0.75	0.75	0.6
21	0.46	0.19	0.17	22	0.26	0.71	0.10
23	0.59	0.23	0.26	24	0.16	0.11	0.01
25	0.32	0.05	0.22	26	0.33	0.21	0.04

ผู้ป่วยรายที่ 9
Disease: Prostate cancer
เทคนิคการฉายรังสี: 3D CRT

VisionRT				Laser			
Fraction Number	Translational Error (cm)			Fraction Number	Translational Error (cm)		
	VRT	LNG	LAT		VRT	LNG	LAT
1	0.07	0.66	0.14	2	0.38	0.22	0.01
3	0.76	0.19	0.40	4	0.34	0.05	0.06
5	0.81	0.56	0.12	6	0.22	0.25	0.09
7	0.47	0.53	0.11	8	0.84	0.48	0.02
9	0.47	0.11	0.14	10	0.60	0.18	0.02
11	0.16	0.67	0.02	12	0.13	0.10	0.02
13	0.08	0.17	0.11	14	0.25	0.21	0.02
15	0.21	0.27	0.16	16	0.68	0.43	0.06
17	0.43	0.18	0.29	18	0.38	0.50	0.04
19	0.72	0.26	0.07	20	0.18	0.18	0.09
21	0.20	0.08	0.12	22	0.38	0.50	0.04
23	0.40	0.27	0.02	24	0.64	0.29	0.15
25	0.32	0.16	0.04	26	0.46	0.61	0.05

ผู้ป่วยรายที่ 10
Disease: Rectal cancer
เทคนิคการฉายรังสี: VMAT

VisionRT				Laser			
Fraction Number	Translational Error (cm)			Fraction Number	Translational Error (cm)		
	VRT	LNG	LAT		VRT	LNG	LAT
1	0.58	0.35	0.07	2	0.17	0.37	0.03
3	0.14	0.15	0.12	4	0.33	0.33	0.35
5	0.26	0.2	0.06	6	0.22	0.06	0.53
7	0.01	0.06	0.00	8	0.56	0.40	0.66
9	0.36	0.51	0.24	10	0.40	0.05	0.77
11	0.40	0.17	0.07	12	0.15	0.35	0.33
13	0.39	0.02	0.12	14	0.32	0.06	0.21
15	0.82	0.28	0.11	16	0.80	0.93	0.1
17	0.53	0.35	0.02	18	0.16	0.15	0.28
19	0.79	0.24	0.48	20	0.15	0.21	0.38
21	0.53	0.06	0.14	22	0.05	0.18	0.08
23	0.50	0.22	0.31	24	0.07	0.01	0.42
25	1.02	0.31	0.05	26	0.30	0.20	0.40