การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของการจัดท่าผู้ป่วยมะเร็งหลังโพรงจมูก ระหว่างการใช้และไม่ใช้อุปกรณ์ shoulder retractor โดยใช้ข้อมูลภาพ CBCT แบบ 3 มิติ

Comparison of Setup Errors in Nasopharyngeal Cancer Radiotherapy With and Without a Shoulder Retractor Using Three-Dimensional CBCT Data

ฟ้าวลัย พงษ์ไพบูลย์[1], จุฬารัตน์ สืบสม[1], ปิยะณัฐ บรรเทิงจิต[1]

[1]สาขาวิชารังสีรักษา ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล

ผู้นิพนธ์ประสานงาน

ฟ้าวลัย พงษ์ไพบูลย์

สาขาวิชารังสีรักษา ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล

เลขที่ 2 ถนนวังหลัง แขวงศิริราช เขตบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร 10700

อีเมล: favalai1309@gmail.com

Favalai Pongpaiboon[1], Julara Suebsom[1], Piyanat Banthoengchit[1]

[1]Division of Radiation Oncology, Department of Radiology, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University

Corresponding author

Favalai Pongpaiboon

Division of Radiation Oncology, Department of Radiology, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University

2, Wang Lang Road, Siriraj, Bangkok Noi, Bangkok, 10700

Email: favalai1309@gmail.com

Submitted: June 4, 2026

Revised: Aug 20, 2026

Accepted: Aug 28, 2026

บทคัดย่อ

หลักการและเหตุผล: การฉายรังสีผู้ป่วยมะเร็งหลังโพรงจมูกจำเป็นต้องอาศัยความแม่นยำในการจัดท่า เนื่องจากตำแหน่งรอยโรคอยู่ใกล้อวัยวะสำคัญ แม้ว่าการตรวจสอบตำแหน่งด้วยเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ชนิดลำรังสีทรงกรวย (cone-beam computed tomography: CBCT) จะช่วยเพิ่มความแม่นยำก่อนการฉายรังสี แต่การเคลื่อนไหวของบริเวณคอและไหล่ยังคงเป็นปัจจัยที่อาจส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของการจัดท่า การใช้อุปกรณ์ shoulder retractor ถูกนำมาใช้เพื่อลดการยกของหัวไหล่ อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อมูลจำกัดเกี่ยวกับผลของการใช้อุปกรณ์ดังกล่าวต่อความคลาดเคลื่อนของการจัดท่าผู้ป่วย

วัตถุประสงค์: เพื่อเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของการจัดท่าผู้ป่วยมะเร็งหลังโพรงจมูก ระหว่างการใช้และไม่ใช้อุปกรณ์ shoulder retractor โดยประเมินจากภาพ CBCT แบบ 3 มิติ ในแนวซ้าย-ขวา (lateral), ศีรษะ-ปลายเท้า (longitudinal) และหน้า-หลัง (vertical) รวมทั้งค่าความคลาดเคลื่อนรวมสามมิติ (total vector error: TVE)

วัสดุและวิธีการ: การศึกษาวิเคราะห์แบบย้อนหลัง (retrospective analytical study) ในผู้ป่วยมะเร็งหลังโพรงจมูกที่ได้รับการฉายรังสีด้วยเครื่องฉายรังสีเร่งอนุภาคเชิงเส้น (LINAC) ยี่ห้อ Varian รุ่น TrueBeam จำนวน 36 ราย แบ่งเป็นกลุ่มที่ใช้อุปกรณ์ shoulder retractor (SR; n = 18) และกลุ่มที่ไม่ใช้อุปกรณ์ shoulder retractor (No-SR; n = 18) วิเคราะห์ข้อมูลจากภาพ CBCT อย่างน้อย 4 ครั้งต่อราย โดยคำนวณค่าการเลื่อนตำแหน่งเฉลี่ยต่อราย (per-patient mean setup error) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วย independent two-sample t-test กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

ผลการศึกษา: กลุ่ม SR มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในแนว lateral, longitudinal และ vertical เท่ากับ 0.33 ± 0.87, 0.29 ± 1.02 และ -0.54 ± 1.10 มิลลิเมตร ตามลำดับ ขณะที่กลุ่ม No-SR มีค่า 0.04 ± 0.69, -0.03 ± 1.10 และ -0.15 ± 1.04 มิลลิเมตร ตามลำดับ ค่า TVE เท่ากับ 1.63 ± 0.84 และ 1.48 ± 0.68 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกพารามิเตอร์ที่ศึกษา ($p > 0.05$)

ข้อสรุป: การศึกษานี้ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าความคลาดเคลื่อนของการจัดท่าผู้ป่วยมะเร็งหลังโพรงจมูกระหว่างกลุ่มที่ใช้อุปกรณ์ shoulder retractor และกลุ่มที่ไม่ใช้อุปกรณ์ดังกล่าว เมื่อประเมินจากภาพ CBCT ภายใต้บริบทของหน่วยบริการที่ศึกษา ผลการศึกษานี้ไม่พบข้อได้เปรียบอย่างชัดเจนของการใช้อุปกรณ์ shoulder retractor ในการลดค่าความคลาดเคลื่อนของการจัดท่าผู้ป่วย

คำสำคัญ: การจัดท่าผู้ป่วย; ค่าความคลาดเคลื่อน; มะเร็งหลังโพรงจมูก; อุปกรณ์ดึงไหล่; เอกซเรย์คอมพิวเตอร์ชนิดลำรังสีทรงกรวย

Abstract

Background: Accurate patient positioning is essential in radiotherapy for nasopharyngeal cancer because the target volume is located adjacent to critical organs. Although cone-beam computed tomography (CBCT) improves pretreatment position verification, movement of the neck and shoulder regions remains a potential source of setup error. A shoulder retractor is commonly used to reduce shoulder elevation during treatment; however, evidence regarding its impact on setup accuracy remains limited.

Objective: To compare setup errors between nasopharyngeal cancer patients treated with and without a shoulder retractor using three-dimensional CBCT-based position verification.

Materials and Methods: This retrospective analytical study included 36 patients with nasopharyngeal cancer treated using a TrueBeam linear accelerator (LINAC) of Varian. Patients were divided into two groups: those treated with a shoulder retractor (SR; n = 18) and those treated without a shoulder retractor (No-SR; n = 18). CBCT images from at least four treatment fractions per patient were analyzed. The mean translational setup errors in the lateral, longitudinal, and vertical directions were calculated as the per-patient mean setup error. Total vector error (TVE) was also calculated. Differences between the two groups were analyzed using an independent two-sample t-test. Statistical significance was defined as $p < 0.05$.

Results: The mean setup errors in the SR group were 0.33 ± 0.87 mm, 0.29 ± 1.02 mm, and -0.54 ± 1.10 mm in the lateral, longitudinal, and vertical directions, respectively. The corresponding values in the No-SR group were 0.04 ± 0.69 mm, -0.03 ± 1.10 mm, and -0.15 ± 1.04 mm, respectively. The mean TVE was 1.63 ± 0.84 mm in the SR group and 1.48 ± 0.68 mm in the No-SR group. No statistically significant differences were observed between the two groups for any of the evaluated parameters ($p > 0.05$).

Conclusion: No statistically significant differences in setup errors were observed between patients treated with and without a shoulder retractor based on CBCT evaluation. Within the clinical setting of this study, the use of a shoulder retractor showed no clear advantage in reducing setup errors during radiotherapy for nasopharyngeal cancer.

Keywords: patient positioning; setup error; nasopharyngeal cancer; shoulder retractor; cone-beam computed tomography (CBCT)

J Thai Assoc Radiat Oncol 2026; 32(2): R16 - R29

บทนำ

มะเร็งหลังโพรงจมูก (nasopharyngeal cancer: NPC) เป็นมะเร็งในกลุ่มศีรษะและลำคอที่พบได้บ่อยในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รวมถึงประเทศไทย วิธีการฉายรังสีถือเป็นการรักษารูปแบบหลักของผู้ป่วยกลุ่มนี้ โดยอาจใช้ร่วมกับการให้ยาเคมีบำบัดตามข้อบ่งชี้ทางคลินิก เนื่องจากตำแหน่งของรอยโรคอยู่ใกล้โครงสร้างสำคัญ การรักษาจึงจำเป็นต้องอาศัยความแม่นยำสูงในการกำหนดลำรังสีให้ครอบคลุมก้อนมะเร็ง (target volume) และลดปริมาณรังสีต่ออวัยวะสำคัญข้างเคียง (organs at risk: OARs) เช่น ไขสันหลัง ก้านสมอง ต่อมน้ำลาย และหลอดอาหาร การเกิดความคลาดเคลื่อนของการจัดท่าผู้ป่วย (setup error) เพียงเล็กน้อยแค่ 2-3 มิลลิเมตร สามารถส่งผลต่อคุณภาพการกระจายของปริมาณรังสีและเพิ่มความเสี่ยงต่ออวัยวะปกติได้อย่างมีนัยสำคัญ[1-3]

ในปัจจุบัน ระบบภาพนำวิถี (image-guided radiotherapy: IGRT) เช่น การถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์พลังงานต่ำ (kV imaging) และการเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ชนิดลำรังสีทรงกรวย (cone-beam computed tomography: CBCT) ถูกนำมาใช้เป็นมาตรฐานในการตรวจสอบตำแหน่งผู้ป่วยก่อนการฉายรังสีในแต่ละครั้ง ช่วยเพิ่มความสอดคล้องระหว่างตำแหน่งจริงกับแผนการรักษา อย่างไรก็ตาม ความคลาดเคลื่อนของการจัดท่ายังคงเกิดขึ้นได้จากหลายปัจจัย โดยเฉพาะการเคลื่อนไหวของบริเวณคอและไหล่ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความซับซ้อนทางกายวิภาคและมีความแปรปรวนของตำแหน่งระหว่างการรักษา[4,5]

อุปกรณ์ shoulder retractor **ดังภาพที่ 1** ถูกนำมาใช้เพื่อช่วยลดระดับของหัวไหล่ให้ลู่ลง ลดการบดบังของแนวลำรังสีบริเวณคอส่วนล่าง และเพิ่มความยืดหยุ่นในการออกแบบแผนการรักษา[6] อย่างไรก็ตาม ตำแหน่งของไหล่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ในระหว่างการรักษา โดยพบการเคลื่อนที่เฉลี่ยประมาณ 2-5 มิลลิเมตร และอาจมากถึง 20 มิลลิเมตรในแนวศีรษะ-ปลายเท้า (longitudinal axis) ซึ่งอาจส่งผลต่อการกระจายของปริมาณรังสีและความแม่นยำของการรักษา[7] นอกจากนี้ การใช้อุปกรณ์ดังกล่าวอาจก่อให้เกิดความตึงของกล้ามเนื้อ รวมถึงการเกร็งตัวบริเวณคอและไหล่ ส่งผลต่อความสามารถในการคงตำแหน่งของผู้ป่วยในแต่ละครั้งของการฉายรังสี

ในทางตรงกันข้าม การไม่ใช้อุปกรณ์ shoulder retractor อาจช่วยเพิ่มความสบายของผู้ป่วย แต่ระดับของการยกไหล่และความสม่ำเสมอของตำแหน่งศีรษะ คอ และไหล่อาจมีความแปรปรวนตามลักษณะทางกายภาพของผู้ป่วยแต่ละราย นอกจากนี้ ปัจจัยทางสรีรวิทยาระหว่างคอร์สการรักษา เช่น การลดลงของน้ำหนักตัว การยุบตัวของก้อนมะเร็ง และความหลวมของหน้ากากที่ยึดตรึง อาจส่งผลต่อความแม่นยำของการจัดท่าได้ แม้ว่าจะมีการยึดตรึงด้วยหน้ากากอย่างเหมาะสมแล้วก็ตาม โดยยังพบความคลาดเคลื่อนที่ยังคงเหลือหลังการจัดท่าและตรวจสอบตำแหน่ง (residual setup uncertainty) ได้ประมาณ 1 มิลลิเมตร จากการตรวจสอบตำแหน่งด้วย portal imaging[8]



ภาพที่ 1 อุปกรณ์ shoulder retractor

ภายในหน่วยบริการฉายรังสี โรงพยาบาลศิริราช ได้มีการใช้อุปกรณ์ shoulder retractor ร่วมกับหน้ากากยึดตรึงแบบยาวที่ครอบคลุมถึงไหล่ (extended-length thermoplastic mask) **ดังภาพที่ 2** มาอย่างต่อเนื่อง จากการทบทวนกระบวนการทำงานพบว่า ขั้นตอนการทำ CT simulation แบบเดิม ซึ่งผู้ป่วยต้องจับอุปกรณ์ shoulder retractor เป็นระยะเวลาหนึ่งในระหว่างการทำหน้ากากและการเตรียมสแกน CT อาจทำให้ตำแหน่งของร่างกายในภาพ CT simulation แตกต่างจากตำแหน่งที่เกิดขึ้นจริงในระหว่างการฉายรังสี เนื่องจากระดับความตึงตัวหรือความผ่อนคลายของผู้ป่วยในแต่ละช่วงเวลาไม่เท่ากัน

ด้วยเหตุนี้ ทางหน่วยงานจึงได้ปรับแนวทางการจัดท่าโดยคงการใช้อุปกรณ์ shoulder retractor เฉพาะในช่วงการทำหน้ากากเพื่อให้ไหล่ลู่ลง และให้ผู้ป่วยปล่อยอุปกรณ์ก่อนเริ่มสแกน CT เพื่อให้ได้ตำแหน่งที่เป็นธรรมชาติมากขึ้น ขณะที่ในขั้นตอนการฉายรังสีจริงจะจัดท่าโดยไม่ใช้อุปกรณ์ดังกล่าว เพื่อให้ตำแหน่งของผู้ป่วยสอดคล้องกับภาพ CT simulation มากที่สุด อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ชัดเจนเกี่ยวกับผลของการเปลี่ยนแปลงแนวทางดังกล่าวต่อความแม่นยำของการจัดท่าในผู้ป่วยมะเร็งหลังโพรงจมูก

ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของการจัดท่าผู้ป่วยมะเร็งหลังโพรงจมูก ระหว่างการใช้และไม่ใช้อุปกรณ์ shoulder retractor โดยใช้ข้อมูลจากภาพ CBCT แบบ 3 มิติและค่าการเลื่อนตำแหน่งเตียง (couch shift) เป็นตัวชี้วัดหลัก เพื่อสนับสนุนการกำหนดแนวทางการจัดท่าที่เหมาะสมในทางคลินิกต่อไป



ภาพที่ 2 หน้ากากยึดตรึงแบบยาวที่ครอบคลุมถึงไหล่ (extended-length thermoplastic mask)

วัตถุประสงค์

เพื่อเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของการจัดท่าผู้ป่วยมะเร็งหลังโพรงจมูกระหว่างการใช้และไม่ใช้อุปกรณ์ shoulder retractor โดยประเมินจากค่าการเลื่อนตำแหน่งเตียงจากภาพ CBCT แบบ 3 มิติ (3D couch shift) เพื่อวิเคราะห์รูปแบบความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งในแนว lateral, longitudinal และ vertical รวมถึงค่าความคลาดเคลื่อนรวมสามมิติ (total vector error: TVE)

วัสดุและวิธีการ

• รูปแบบการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงวิเคราะห์แบบย้อนหลัง (retrospective analytical study) โดยเก็บข้อมูลจากผู้ป่วยมะเร็งหลังโพรงจมูกที่เข้ารับการรักษาด้วยการฉายรังสี ณ หน่วยบริการฉายรังสี โรงพยาบาลศิริราช ไม่มีการสุ่มตัวอย่างหรือการแทรกแซงจากผู้วิจัย

• ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรของการศึกษาประกอบด้วยผู้ป่วยมะเร็งหลังโพรงจมูกที่ได้รับการฉายรังสีด้วยเครื่องฉายรังสีเร่งอนุภาคเชิงเส้น (linear accelerator: LINAC) ยี่ห้อ Varian รุ่น TrueBeam ร่วมกับการตรวจสอบตำแหน่งก่อนการฉายรังสีด้วยระบบภาพนำวิถีจากการทำ CBCT โดยกลุ่มตัวอย่างคือผู้ป่วยที่เข้าเกณฑ์การคัดเลือกทั้งหมด (total population sampling) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตามวิธีการจัดท่า รวมทั้งสิ้น 36 ราย ได้แก่

1. กลุ่มที่จัดท่าโดยใช้อุปกรณ์ shoulder retractor (SR) เข้ารับการรักษาช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2567 ถึงมีนาคม พ.ศ. 2568 จำนวน 18 ราย

2. กลุ่มที่จัดท่าโดยไม่ใช้อุปกรณ์ shoulder retractor (No-SR) เข้ารับการรักษาช่วงเดือนเมษายน ถึง กันยายน พ.ศ. 2568 จำนวน 18 ราย

• เกณฑ์การคัดเลือกและเกณฑ์การคัดออก

• เกณฑ์การคัดเลือก (inclusion criteria)

- ได้รับการวินิจฉัยเป็นมะเร็งหลังโพรงจมูกและเข้ารับการรักษาในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2567 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2568

- มีข้อมูลค่า 3D couch shift ครบถ้วนจากการตรวจสอบตำแหน่งของ fraction แรกและประจำสัปดาห์ โดยมีข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ไม่น้อยกว่า 4 ครั้ง

- ใช้หน้ากากเทอร์โมพลาสติกแบบยาวตลอดการรักษา

• เกณฑ์การคัดออก (exclusion criteria)

- ข้อมูลภาพ CBCT หรือข้อมูล couch shift ไม่ครบถ้วน

- ค่า couch shift ที่ได้มีหลายค่า อันเกิดจากการจัดท่าใหม่หลายครั้งภายใน fraction นั้นๆ รวมถึงมีค่าการเลื่อนเตียงแบบ 6 มิติ

- พบข้อมูลผิดปกติที่ไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ได้

- ใช้เทคนิคการรักษาที่ไม่ตรงตามเกณฑ์ที่กำหนดในการศึกษา

• การจัดท่าและการตรึงผู้ป่วย

การจัดท่าผู้ป่วยในห้องฉายใช้ท่านอนหงายศีรษะตรง (head-first supine position) และยึดตรึงด้วยหน้ากากเทอร์โมพลาสติกแบบยาว ในกลุ่ม SR มีการใช้อุปกรณ์ shoulder retractor เพื่อช่วยดึงตำแหน่งหัวไหล่ลงในขณะทำการฉายรังสี **ดังภาพที่ 3** ขณะที่กลุ่ม No-SR จะจัดท่าโดยไม่ใช้อุปกรณ์ shoulder retractor **ดังภาพที่ 4** เพื่อให้ตำแหน่งของผู้ป่วยสอดคล้องกับภาพในขั้นตอนการทำ CT simulation ที่ใช้ในการวางแผนการรักษา



ภาพที่ 3 แสดงการจัดท่าผู้ป่วย โดยครอบหน้ากากยึดตรึงแบบยาวร่วมกับการจับอุปกรณ์ shoulder retractor

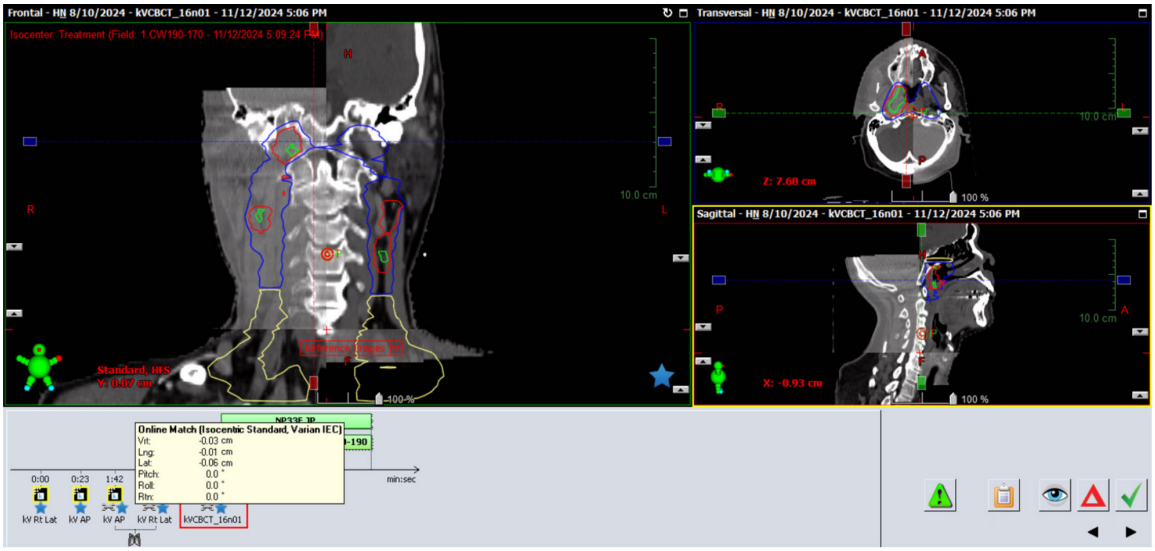


ภาพที่ 4 แสดงการจัดท่าผู้ป่วย โดยครอบหน้ากากยึดตรึงแบบยาวไม่จับอุปกรณ์ shoulder retractor

• การเก็บข้อมูลภาพนำวิถี

ข้อมูลถูกเก็บจากระบบ ARIA (Varian Medical Systems) โดยใช้ภาพ CBCT จากระบบ on-board imager (OBI) ที่ติดตั้งบนเครื่องฉายรังสีเร่งอนุภาคเชิงเส้น ยี่ห้อ Varian รุ่น TrueBeam

การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับผู้ป่วยแต่ละราย ผู้วิจัยใช้ข้อมูลภาพ CBCT จาก fraction แรกของการรักษาและการตรวจสอบตำแหน่งด้วย CBCT ที่ดำเนินการเป็นประจำสัปดาห์ละ 1 ครั้งตามแนวทางของหน่วยบริการฉายรังสี มีข้อมูลในการวิเคราะห์ไม่น้อยกว่า 4 ครั้ง **ดังภาพที่ 5** วิธีการเลือกข้อมูลดังกล่าวครอบคลุมช่วงต้น กลาง และปลายของคอร์สการรักษา จึงสามารถสะท้อนความแปรปรวนของการจัดท่าที่อาจเกิดขึ้นตลอดระยะเวลาการรักษาได้ ทั้งนี้ ผู้วิจัยใช้หลักเกณฑ์การเลือกข้อมูลเดียวกันในผู้ป่วยทุกราย เพื่อลดโอกาสเกิด selection bias และเพิ่มความสม่ำเสมอของการวิเคราะห์ข้อมูล แม้ในทางปฏิบัติอาจมีการใช้ kV imaging ร่วมด้วย แต่จะไม่ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์เชิงสถิติ สำหรับผู้ป่วยแต่ละราย จะเลือกใช้ข้อมูล CBCT ในช่วงของการรักษา



ภาพที่ 5 ตัวอย่างการแสดงภาพ CBCT ของผู้ป่วยมะเร็งหลังโพรงจมูก

• ตัวแปรที่ศึกษาและการประเมินผล

ตัวแปรหลักของการศึกษาคือค่าความคลาดเคลื่อนของการจัดท่าผู้ป่วย ซึ่งแสดงในรูปของค่าการเลื่อนตำแหน่งเตียงในแนวแกน 3 มิติ ได้แก่

- แนวซ้าย-ขวา (lateral: X-axis)
- แนวศีรษะ-ปลายเท้า (longitudinal: Y-axis)
- แนวหน้า-หลัง (vertical: Z-axis)

ค่าการเลื่อนตำแหน่งจากแต่ละครั้งจะถูกนำมาคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยต่อราย (per-patient mean setup error) ในแต่ละแกน เพื่อเป็นตัวแทนของค่าความคลาดเคลื่อนของผู้ป่วยแต่ละราย และลดผลกระทบจากการวัดซ้ำ (repeated measurements)

นอกจากนี้ ได้มีการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนรวมในแนว 3 มิติ (three-dimensional vector error) เพื่อใช้ในการประเมินความคลาดเคลื่อนโดยรวม ใช้ประกอบการแปลผล รวมถึงมีการรวบรวมข้อมูลทางคลินิกที่อาจส่งผลต่อความแม่นยำของการจัดท่า ได้แก่ น้ำหนักตัวก่อนเริ่มการรักษา การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักระหว่างการรักษา การเปลี่ยนแปลงของก้อนมะเร็ง การปรับแผนการรักษาใหม่ (re-plan) และการคำนวณปริมาณรังสีใหม่ (dose re-calculation)

• การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลเชิงปริมาณถูกวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา โดยรายงานเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± standard deviation) และมีการตรวจสอบลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลก่อนการเลือกใช้สถิติในการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม SR และกลุ่ม No-SR ดำเนินการโดยใช้สถิติ independent two-sample t-test สำหรับข้อมูลที่มีการกระจายแบบปกติ หรือ Mann-Whitney U test สำหรับข้อมูลที่มีการกระจายไม่เป็นปกติ โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

• จริยธรรมการวิจัย

การศึกษานี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน โรงพยาบาลศิริราช รหัสโครงการ 1062/2568(IRB2) หมายเลข COA : 1088/2025 ข้อมูลผู้ป่วยถูกจัดเก็บในรูปแบบไม่เปิดเผยตัวตน (de-identified data) และจำกัดการเข้าถึงเฉพาะผู้วิจัยตามมาตรฐานของหน่วยงาน

ผลการศึกษา

ผู้ป่วยทั้งหมด 36 รายที่เข้าเกณฑ์การศึกษาได้รับการฉายรังสีด้วยเครื่องเร่งอนุภาคเชิงเส้น ยี่ห้อ Varian รุ่น TrueBeam ร่วมกับการตรวจสอบตำแหน่งด้วย CBCT ก่อนการฉายรังสี แบ่งเป็นกลุ่มที่ใช้อุปกรณ์ shoulder retractor (SR) และกลุ่มที่ไม่ใช้อุปกรณ์ shoulder retractor (No-SR) กลุ่มละ 18 ราย

ลักษณะทางคลินิกและข้อมูลการรักษาของผู้ป่วย **ดังตารางที่ 1** พบว่าทั้งสองกลุ่มมีลักษณะพื้นฐานใกล้เคียงกัน ทั้งในด้านอายุ เพศ น้ำหนักก่อนเริ่มการรักษา การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักระหว่างการรักษา ตลอดจนสัดส่วนของผู้ป่วยที่มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักส่งผลต่อความกระชับของหน้ากากยึดตรึงและการปรับแผนการรักษา (replan/recal) โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 1 ลักษณะทางคลินิกและข้อมูลการรักษาของผู้ป่วยในแต่ละกลุ่ม (Clinical and treatment characteristics of the study participants)

Characteristic	SR (n = 18)	No-SR (n = 18)	p-value
Age (years), mean ± SD	53.0 ± 16.4	44.1 ± 18.7	0.136
Sex, n (%)			0.443
Male	12 (66.7)	15 (83.3)	
Female	6 (33.3)	3 (16.7)	
Initial body weight (kg), mean ± SD	68.6 ± 19.7	65.1 ± 20.7	0.603
Weight change during radiotherapy (%), mean ± SD	6.10 ± 3.35	6.66 ± 5.99	0.729
Patients with weight loss affecting mask fit, n (%)	5 (27.8)	4 (22.2)	1.000
Patients requiring replan/recalculation, n (%)	8 (44.4)	6 (33.3)	0.733

เมื่อเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของการจัดท่าผู้ป่วยระหว่างสองกลุ่ม **ดังตารางที่ 2** พบว่า ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนในแนว lateral ของกลุ่ม SR เท่ากับ 0.33 ± 0.87 มิลลิเมตร ขณะที่กลุ่ม No-SR เท่ากับ 0.04 ± 0.69 มิลลิเมตร โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = 0.276) ในแนว longitudinal กลุ่ม SR มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.29 ± 1.02 มิลลิเมตร และกลุ่ม No-SR เท่ากับ -0.03 ± 1.10 มิลลิเมตร (p = 0.368) ส่วนในแนว vertical กลุ่ม SR มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -0.54 ± 1.10 มิลลิเมตร ขณะที่กลุ่ม No-SR เท่ากับ -0.15 ± 1.04 มิลลิเมตร (p = 0.283) สำหรับค่า total vector error (TVE) ซึ่งเป็นค่าความคลาดเคลื่อนรวมใน 3 มิติ พบว่ากลุ่ม SR มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.63 ± 0.84 มิลลิเมตร และกลุ่ม No-SR เท่ากับ 1.48 ± 0.68 มิลลิเมตร โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = 0.559)

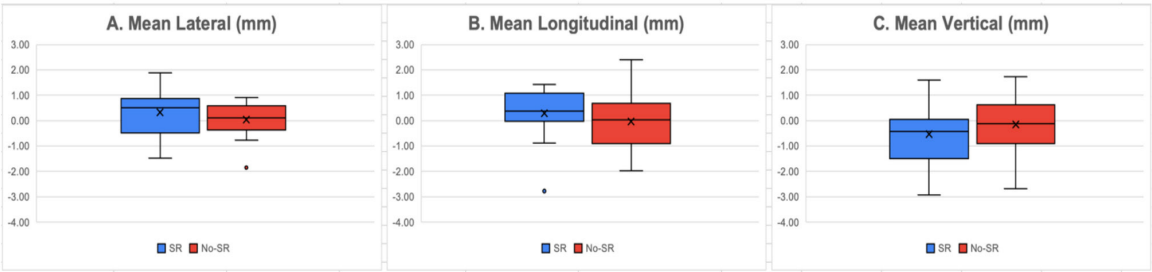
สำหรับค่า TVE พบว่ากลุ่ม SR มีค่าเฉลี่ย 1.63 (1.24 ถึง 2.02) มิลลิเมตร และกลุ่ม No-SR มีค่าเฉลี่ย 1.48 (1.17 ถึง 1.79) มิลลิเมตร อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างทั้งสองกลุ่มในทุกพารามิเตอร์ที่ศึกษา (p > 0.05)

แม้ว่ากลุ่ม SR จะมีค่าเฉลี่ย TVE สูงกว่ากลุ่ม No-SR เล็กน้อย แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม อย่างไรก็ตาม ผลดังกล่าวไม่สามารถใช้ยืนยันว่าการจัดท่าทั้งสองแนวทางให้ผลเท่าเทียมกันได้ ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาร่วมกับช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (95% confidence interval; 95% CI) ของค่าเฉลี่ยในแต่ละพารามิเตอร์ พบว่าช่วงความเชื่อมั่นของทั้งสองกลุ่มมีการทับซ้อนกันในทุกแกนและค่า TVE ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ทางสถิติที่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่ม

การกระจายตัวของข้อมูล **ดังภาพที่ 6** แสดงให้เห็นว่าทั้งสองกลุ่มมีรูปแบบการกระจายของข้อมูลใกล้เคียงกันในทุกแกน โดยค่ามัธยฐาน ช่วงควอไทล์ และการกระจายของข้อมูลไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจน แม้ว่าจะพบค่าผิดปกติ (outliers) ในผู้ป่วยบางราย แต่ไม่พบรูปแบบที่บ่งชี้ถึงความแตกต่างของค่าความคลาดเคลื่อนของการจัดท่าระหว่างกลุ่ม SR และ No-SR

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของการจัดท่าผู้ป่วยระหว่างกลุ่มที่ใช้อุปกรณ์ shoulder retractor (SR) และไม่ใช้อุปกรณ์ shoulder retractor (No-SR)

Parameter	SR Mean ± SD (95% CI)	No-SR Mean ± SD (95% CI)	p-value
Lateral	0.33 ± 0.87 (-0.07 to 0.73)	0.04 ± 0.69 (-0.28 to 0.36)	0.276
Longitudinal	0.29 ± 1.02 (-0.18 to 0.76)	-0.03 ± 1.10 (-0.54 to 0.48)	0.368
Vertical	-0.54 ± 1.10 (-1.05 to -0.03)	-0.15 ± 1.04 (-0.63 to 0.33)	0.283
TVE	1.63 ± 0.84 (1.24 to 2.02)	1.48 ± 0.68 (1.17 to 1.79)	0.559



ภาพที่ 6 แผนภูมิกล่อง (Box plot) แสดงการกระจายตัวของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนของการจัดท่าผู้ป่วย (mean setup error) ในแนวซ้าย-ขวา (A. Mean Lateral), แนวศีรษะ-ปลายเท้า (B. Mean Longitudinal) และแนวหน้า-หลัง (C. Mean Vertical) เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ใช้อุปกรณ์ shoulder retractor (SR) และกลุ่มที่ไม่ใช้อุปกรณ์ (No-SR) โดยเครื่องหมายกากบาท (×) แสดงค่าเฉลี่ย เส้นกลางของกล่องแสดงค่ามัธยฐาน ขอบกล่องแสดงช่วงควอไทล์ที่ 1 และ 3 และจุดแสดงค่าผิดปกติ (outlier) ของข้อมูลรายผู้ป่วย

บทวิจารณ์

ผลการศึกษานี้ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าความคลาดเคลื่อนของการจัดท่าผู้ป่วยมะเร็งหลังโพรงจมูกระหว่างกลุ่ม SR และกลุ่ม No-SR ทั้งในแนว lateral, longitudinal, vertical และค่า TVE เมื่อประเมินจากข้อมูลภาพ CBCT แบบ 3 มิติ ผลลัพธ์ดังกล่าวบ่งชี้ว่า ภายใต้แนวทางการจัดท่า การยึดตรึงผู้ป่วย และการตรวจสอบตำแหน่งของหน่วยบริการฉายรังสี

แม้ว่าจะยังมีการศึกษาที่เปรียบเทียบผลของการใช้อุปกรณ์ shoulder retractor ต่อการจัดท่าผู้ป่วยมะเร็งหลังโพรงจมูกโดยตรงค่อนข้างจำกัด แต่มีรายงานหลายฉบับที่แสดงให้เห็นว่า ความถูกต้องของการรักษาผู้ป่วยมะเร็งศีรษะและลำคอขึ้นอยู่กับหลายองค์ประกอบร่วมกัน ได้แก่ ประสิทธิภาพของระบบยึดตรึงผู้ป่วยที่เหมาะสม ความสม่ำเสมอของการจัดท่า และการตรวจสอบตำแหน่งด้วยภาพนำวิถี (IGRT) ซึ่งช่วยลดความคลาดเคลื่อนก่อนเริ่มการฉายรังสีและเพิ่มความแม่นยำของการรักษา[9,10] ดังนั้น ผลการศึกษาครั้งนี้อาจสะท้อนให้เห็นว่า ภายใต้กระบวนการรักษาที่มีการตรวจสอบและแก้ไขตำแหน่งผู้ป่วยด้วย CBCT อย่างเป็นระบบ ผลของการใช้อุปกรณ์ shoulder retractor ต่อค่าความคลาดเคลื่อนของการจัดท่าอาจมีความสำคัญลดลงเมื่อเทียบกับองค์ประกอบอื่นของกระบวนการรักษา

เมื่อพิจารณาในเชิงกลไก ความคลาดเคลื่อนของการจัดท่าผู้ป่วยบริเวณศีรษะและลำคอไม่ได้เกิดจากปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งเพียงอย่างเดียว แต่เป็นผลจากหลายองค์ประกอบร่วมกัน ทั้งความกระชับของหน้ากากยึดตรึง ความสามารถของผู้ป่วยในการคงท่าทาง การเปลี่ยนแปลงทางกายวิภาคระหว่างคอร์สการรักษา และความสม่ำเสมอของการจัดท่าในแต่ละวัน แม้อุปกรณ์ shoulder retractor จะช่วยลดระดับของหัวไหล่ได้ แต่ความแม่นยำของการจัดท่าในภาพรวมยังคงขึ้นอยู่กับปัจจัยเหล่านี้ร่วมกันมากกว่าการพึ่งพาอุปกรณ์ช่วยจัดท่าเพียงชนิดเดียว

ในทางกลับกัน การไม่ใช้อุปกรณ์ shoulder retractor อาจลดแรงดึงบริเวณคอและหัวไหล่ และส่งผล

ให้ผู้ป่วยสามารถคงท่าทางได้อย่างเป็นธรรมชาติมากขึ้น อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้ไม่ได้ประเมินระดับความสบายหรือประสบการณ์ของผู้ป่วยโดยตรง จึงยังไม่สามารถสรุปความสัมพันธ์ดังกล่าวได้ และควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อยืนยันประเด็นนี้

นอกจากนี้ ในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา หน่วยบริการฉายรังสีได้มีการปรับแนวทางการจัดท่าให้มีความสอดคล้องระหว่างขั้นตอน CT simulation และการฉายรังสีจริง เพื่อให้ตำแหน่งผู้ป่วยระหว่างการวางแผนการรักษาและการรักษาในแต่ละวันมีลักษณะใกล้เคียงกันมากที่สุด ร่วมกับการตรวจสอบตำแหน่งด้วย CBCT ก่อนการฉายรังสีทุกครั้งตามแนวทางของหน่วยงาน ซึ่งช่วยให้สามารถแก้ไขความคลาดเคลื่อนของการจัดท่าก่อนเริ่มการรักษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้ไม่ได้ออกแบบเพื่อประเมินผลของการปรับเปลี่ยน workflow ดังกล่าว จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าปัจจัยดังกล่าวมีส่วนสนับสนุนต่อผลลัพธ์ที่พบมากน้อยเพียงใด

อีกประเด็นหนึ่งที่ควรพิจารณาในการแปลผลการศึกษาครั้งนี้ คือ ตำแหน่ง isocenter ของแผนการรักษาผู้ป่วยมะเร็งหลังโพรงจมูกส่วนใหญ่อยู่บริเวณระดับคางหรือคอส่วนบน ส่งผลให้ขอบเขตการเก็บภาพ CBCT ครอบคลุมบริเวณศีรษะและลำคอเป็นหลัก ขณะที่บริเวณไหปลาร้าและหัวไหล่ส่วนล่างอาจปรากฏอยู่ในภาพเพียงบางส่วนในผู้ป่วยบางราย ดังนั้น ค่าความคลาดเคลื่อนที่นำมาวิเคราะห์ในการศึกษานี้จึงสะท้อนความแม่นยำของการจัดตำแหน่งบริเวณศีรษะและลำคอเป็นหลัก มากกว่าการประเมินการเคลื่อนที่ของหัวไหล่ทั้งหมดโดยตรง อย่างไรก็ตาม การลงทะเบียนภาพ (image registration) ในทางคลินิกยังอาศัยโครงสร้างทางกายวิภาคบริเวณคอส่วนล่าง ไหปลาร้า และหัวไหล่ส่วนที่ปรากฏอยู่ในภาพร่วมด้วย ผลการศึกษาจึงยังสามารถสะท้อนผลกระทบของการใช้อุปกรณ์ shoulder retractor ต่อกระบวนการจัดท่าผู้ป่วยได้ในระดับหนึ่ง

แม้ว่าผลการศึกษานี้จะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มที่ใช้และไม่ใช้อุปกรณ์ shoulder retractor และทั้งสองกลุ่มมีค่า TVE เฉลี่ยน้อยกว่า 2 มิลลิเมตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ทางคลินิก แต่ผลลัพธ์ดังกล่าวไม่ควรตีความว่าทั้งสองแนวทางให้ผลเท่าเทียมกัน เนื่องจากการศึกษานี้ไม่ได้ออกแบบเพื่อทดสอบความเท่าเทียมกัน (equivalence) หรือความไม่ด้อยกว่า (non-inferiority) ของทั้งสองวิธี อีกทั้งยังเป็นการศึกษาแบบย้อนหลังและมีจำนวนตัวอย่างจำกัด ดังนั้น ผลการศึกษาจึงควรตีความภายใต้บริบทของหน่วยงานที่ศึกษา และควรมีการศึกษาแบบไปข้างหน้าที่มีจำนวนตัวอย่างมากขึ้น รวมทั้งประเมินผลต่อการกระจายปริมาณรังสี ความสบายของผู้ป่วย และผลลัพธ์ทางคลินิก เพื่อยืนยันผลการศึกษา และประเมินบทบาทของการใช้อุปกรณ์ shoulder retractor ในบริบทของการรักษาผู้ป่วยมะเร็งหลังโพรงจมูก

ข้อจำกัดของการศึกษา

การศึกษานี้มีข้อจำกัดบางประการ ได้แก่ การเป็นการศึกษาแบบย้อนหลัง (retrospective study) ซึ่งอาศัยข้อมูลที่มีการบันทึกไว้ในระบบทางคลินิก จึงไม่สามารถควบคุมปัจจัยแทรกซ้อนบางประการได้อย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ จำนวนกลุ่มตัวอย่างค่อนข้างจำกัด โดยมีผู้ป่วยเพียงกลุ่มละ 18 ราย ซึ่งอาจส่งผลต่ออำนาจทางสถิติในการตรวจพบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม อีกทั้งการศึกษานี้เป็นการศึกษาจากศูนย์เดียว (single-center study) ซึ่งอาจจำกัดการนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้กับหน่วยบริการที่มีแนวทางการจัดท่าระบบยึดตรึง และการตรวจสอบตำแหน่งด้วยภาพที่แตกต่างกัน

ปัจจัยทางคลินิกบางประการ เช่น การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวระหว่างการรักษา การยุบตัวของก้อนมะเร็ง ความกระชับของหน้ากากยึดตรึง รวมถึงการปรับแผนการรักษาใหม่ อาจมีผลต่อความคลาดเคลื่อนของ

การจัดท่า แต่ไม่สามารถนำมาวิเคราะห์เชิงปริมาณได้อย่างครบถ้วนในผู้ป่วยทุกราย

นอกจากนี้ การศึกษานี้วิเคราะห์เฉพาะค่าการเลื่อนตำแหน่งเชิงเส้น (translational setup error) ในแนว lateral, longitudinal และ vertical จากข้อมูล CBCT โดยไม่ได้รวมค่าความคลาดเคลื่อนเชิงมุม (rotational error) ซึ่งอาจมีผลต่อความแม่นยำของการจัดท่าในผู้ป่วยบางราย อีกทั้งการใช้ค่าเฉลี่ยต่อราย (per-patient mean setup error) แม้ช่วยลดผลกระทบจากการวัดซ้ำ แต่ก็อาจทำให้ไม่สามารถสะท้อนความแปรปรวนของการจัดท่าในแต่ละ fraction ได้อย่างละเอียด

ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาในอนาคต

การศึกษาในอนาคตควรมีการออกแบบแบบไปข้างหน้า (prospective study) และเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่าง เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือและอำนาจทางสถิติของผลการศึกษา นอกจากนี้ ควรมีการรวบรวมและวิเคราะห์ปัจจัยทางคลินิกที่อาจมีผลต่อความแม่นยำของการจัดท่าอย่างเป็นระบบ เช่น การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว ความกระชับของหน้ากากยึดตรึง การยุบตัวของก้อนมะเร็ง และการปรับแผนการรักษาระหว่างคอร์สการฉายรังสี

นอกจากนี้ อาจมีการศึกษาผลกระทบของการใช้และไม่ใช้อุปกรณ์ shoulder retractor ต่อการกระจายปริมาณรังสี (dose distribution) และปริมาณรังสีที่อวัยวะสำคัญได้รับ รวมถึงศึกษาความพึงพอใจ ความสบายของผู้ป่วย (patient-reported outcomes) และผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตระหว่างการรักษา เพื่อให้สามารถประเมินผลของแนวทางการจัดท่าได้อย่างครอบคลุมทั้งในด้านกายภาพ เทคนิคการรักษา และผลลัพธ์ทางคลินิก

ข้อสรุป

การศึกษานี้พบว่า ผู้ป่วยมะเร็งหลังโพรงจมูกที่ใช้และไม่ใช้อุปกรณ์ shoulder retractor ดังกล่าวมีค่าความคลาดเคลื่อนของการจัดท่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อประเมินจากข้อมูลภาพ CBCT ทั้งในแนว lateral, longitudinal, vertical และค่า TVE

ภายใต้บริบทของหน่วยบริการที่ศึกษา ผลการศึกษานี้ไม่พบข้อได้เปรียบอย่างชัดเจนของการใช้อุปกรณ์ shoulder retractor ในการลดค่าความคลาดเคลื่อนของการจัดท่าผู้ป่วย ทั้งนี้ การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาแบบย้อนหลังและไม่ได้ออกแบบเพื่อทดสอบความเท่าเทียมกันหรือความไม่ด้อยกว่าของทั้งสองแนวทาง ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาแบบไปข้างหน้าในกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อยืนยันผลการศึกษาต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณนักรังสีการแพทย์ และเจ้าหน้าที่ทุกท่านของหน่วยบริการฉายรังสี โรงพยาบาลศิริราช ที่ให้การสนับสนุนและอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ รวมถึงให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นอันเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนางานวิจัย

ขอขอบคุณหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการสนับสนุนการเข้าถึงข้อมูลจากระบบ ARIA และระบบภาพนำวิถีที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ตลอดจนผู้ป่วยทุกท่านซึ่งข้อมูลทางคลินิกที่ได้รับการปกปิดตัวตนอย่างเหมาะสมมีส่วนสำคัญต่อการพัฒนาองค์ความรู้และการปรับปรุงคุณภาพการรักษาทางรังสีรักษา

ท้ายที่สุด ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน โรงพยาบาลศิริราช ที่ให้ข้อเสนอแนะและคำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. Hirotaki K, Tomizawa K, Moriya S, Ito M, Sakae T. Impact of anatomical position errors on dose distribution in head and neck radiotherapy and robust image registration against anatomical changes. Anticancer Res. 2023; 43:1827-34.
2. Lenko H, Peterlin P. The impact of reference isocentre position on set-up errors in head-and-neck image-guided radiotherapy. J Radiother Pract. 2018; 17:104-13.
3. Park ET, Park SK. Setup uncertainties for inter-fractional head and neck cancer in radiotherapy. Oncotarget. 2016; 7:46662-7.
4. Contesini M, Guberti M, Saccani R, Braglia L, Iotti C, Botti A, et al. Setup errors in patients with head-neck cancer (HNC), treated using the intensity modulated radiation therapy (IMRT) technique: how it influences the customised immobilisation systems, patient's pain and anxiety. Radiat Oncol. 2017; 12:72.
5. Androjna S, Marcius VZ, Peterlin P, Strojan P. Assessment of set-up errors in the radiotherapy of patients with head and neck cancer: standard vs. individual head support. Radiol Oncol. 2020; 54:364-70.
6. Newbold KL, Bhide S, Convery H, Harrington KJ, Nutting CM. Prospective intra-patient evaluation of a shoulder retraction device for radiotherapy in head and neck cancer. Med Dosim. 2012; 37:293-5.
7. Neubauer E, Dong L, Followill DS, Garden AS, Court LE, White RA, et al. Assessment of shoulder position variation and its impact on IMRT and VMAT doses for head and neck cancer. Radiat Oncol. 2012; 7:19.
8. van Lin EN, van der Vight L, Huizenga H, Kaanders JH, Visser AG. Set-up improvement in head and neck radiotherapy using a 3D off-line EPID-based correction protocol and a customised head and neck support. Radiother Oncol. 2003; 68:137-48.
9. Bell K, Licht N, Rube C, Dzierma Y. Image guidance and positioning accuracy in clinical practice: influence of positioning errors and imaging dose on the real dose distribution for head and neck cancer treatment. Radiat Oncol. 2018; 13:190.
10. Den RB, Doemer A, Kubicek G, Bednarz G, Galvin JM, Keane WM, et al. Daily image guidance with cone-beam computed tomography for head-and-neck cancer intensity-modulated radiotherapy: a prospective study. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2010; 76:1353-9.