

การกำหนดค่าปริมาณรังสีอ้างอิงระดับหน่วยงานและการวิเคราะห์ความสัมพันธ์
ของค่าดัชนีปริมาณรังสีกับพารามิเตอร์ในการสร้างภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์
จำลองการรักษา ณ โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร
Establishment of Typical Values and Correlation Analysis of Dose
Indices with Scan Parameters in Computed Tomography
Simulation at Naresuan University Hospital

ธัญรัตน์ ชูศิลป์^{1,2}, กมลชนก นอบ³, ศิวพล หมั่นสิงห์⁴, ฉัตรวุฒิ พัทธวีรกุล³, ณัฐธัญญา อินละปะ¹, ทิชากร คำภูมิ¹,
ทิวตะวัน สอนกะสิน¹, สุมาลี ยับสันเทียะ^{1,2}

¹ภาควิชารังสีเทคนิค คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

²หน่วยวิจัยด้านสหวิทยาการสุขภาพและวิทยาศาสตร์ข้อมูล คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

³หน่วยรังสีรักษา โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

⁴กลุ่มงานรังสีรักษา โรงพยาบาลมะเร็งอุบลราชธานี

ผู้นิพนธ์ประสานงาน

สุมาลี ยับสันเทียะ

ภาควิชารังสีเทคนิค คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร 99 ม.9 ต.ท่าโพธิ์ อ.เมืองพิษณุโลก จ.พิษณุโลก 65000

อีเมล: sumaleey@nu.ac.th

*Thunyarat Chusin^{1,2}, Kamonchanok Nobphuek³, Siwapon Munsing⁴, Chatrawut Pattaweerakul³,
Nutthanicha Inlapa¹, Thichakorn Khamphume¹, Tiwtawan Sonkasin¹, Sumalee Yabsantia^{1,2}*

¹Department of Radiological Technology, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University, Phitsanulok

²Interdisciplinary Health and Data Sciences Research Unit, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University

³Department of Radiology, Faculty of Medicine, Naresuan University, Phitsanulok Province, Thailand

⁴Department of Radiation Oncology, Ubonratchathani Cancer Hospital

Corresponding author

Sumalee Yabsantia

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

Email: sumaleey@nu.ac.th

Submitted: Sep 9, 2025

Revised: Nov 14, 2025

Accepted: Dec 9, 2025

บทคัดย่อ

หลักการและเหตุผล: กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ได้กำหนดค่าปริมาณรังสีอ้างอิงระดับประเทศ (National Diagnostic Reference Levels; NDRLs) สำหรับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ เพื่อใช้เป็นแนวทางควบคุมปริมาณรังสีในการสร้างภาพทางการแพทย์ อย่างไรก็ตาม โรงพยาบาลแต่ละแห่งควรกำหนดค่าปริมาณรังสีอ้างอิงของตนเอง เพื่อสะท้อนสภาพการปฏิบัติงานจริง

วัตถุประสงค์: เพื่อกำหนดค่าปริมาณรังสีอ้างอิงระดับหน่วยงาน สำหรับการถ่ายภาพด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ จำลองการรักษา ณ โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนครสวรรค์ และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีปริมาณรังสีกับพารามิเตอร์ของการสร้างภาพและข้อมูลผู้ป่วย

วัสดุและวิธีการ: ข้อมูลถูกรวบรวมจากผู้ป่วยที่เข้ารับการตรวจระหว่างปี พ.ศ. 2564–2566 โดยพิจารณาค่าปริมาณรังสีในหนึ่งหน่วยปริมาตรของการสแกน (Volume Computed Tomography Dose Index; CTDI_{vol}) และค่าปริมาณรังสีตลอดช่วงความยาวในการสแกน (Dose Length Product; DLP) จากการสร้างภาพใน 4 บริเวณ ได้แก่ สมอง ศีรษะและลำคอ ทรวงอก และอุ้งเชิงกราน ค่าปริมาณรังสีจากค่ามัธยฐานของข้อมูล และวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์ของการสร้างภาพและข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วย

ผลการศึกษา: ค่ามัธยฐานของ CTDI_{vol} สำหรับสมอง ศีรษะและลำคอ ทรวงอก และ อุ้งเชิงกราน มีค่า 41.6, 21.5, 14.8 และ 17.8 mGy ตามลำดับ ขณะที่ค่ามัธยฐานของ DLP อยู่ที่ 1,279.3, 929.7, 644.2 และ 674.8 mGy·cm ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับค่า NDRLs พบว่า ค่า CTDI_{vol} จากการศึกษานี้มีค่าต่ำกว่า แต่ค่า DLP มีค่าสูงกว่า และมีแนวโน้มใกล้เคียงกับผลการศึกษาก่อนหน้า โดยเฉพาะงานที่ศึกษาในเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษา นอกจากนี้ พบว่า scan length เท่านั้นที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกสูงกับค่า DLP ($r > 0.960$) ขณะที่อายุ น้ำหนัก และส่วนสูง มีความสัมพันธ์ในระดับต่ำ

ข้อสรุป: ค่า CTDI_{vol} จากการศึกษานี้มีค่าต่ำกว่า NDRLs ในขณะที่ค่า DLP มีค่าสูงกว่า โดยภาพรวมผลลัพธ์มีแนวโน้มสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้า ข้อมูลที่ได้สามารถใช้เป็นแนวทางในการกำกับดูแลและปรับปรุงการถ่ายภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษา เพื่อควบคุมและลดปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับ พร้อมทั้งคงไว้ซึ่งคุณภาพของภาพที่เหมาะสมต่อการวินิจฉัยและการวางแผนการรักษาทางรังสีรักษา

คำสำคัญ: การจำลองการรักษาด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์, ค่าปริมาณรังสีในหนึ่งหน่วยปริมาตรของการสแกน, ค่าปริมาณรังสีตลอดช่วงความยาวในการสแกน, ระดับค่าปริมาณรังสีอ้างอิงวินิจฉัย

Abstract

Backgrounds: The Department of Medical Sciences of Thailand has established national diagnostic reference levels (NDRLs) for computed tomography (CT) examinations to guide radiation dose optimization. However, each hospital should define its own institutional diagnostic levels (typical values) to reflect actual clinical practice.

Objectives: This study aimed to establish typical values for CT simulation at Naresuan University Hospital. In addition, the study sought to analyze the correlations between radiation dose indices and scan parameters together with patient-related factors.

Materials and Methods: Patient data were retrospectively collected between 2021 and 2023. Radiation dose metrics, including the volume CT dose index ($CTDI_{vol}$) and dose length product (DLP), were analyzed for four anatomical regions: brain, head and neck, chest, and pelvis. Typical values were calculated as the median of the dose distributions. Correlations between radiation dose and both imaging parameters and patient characteristics were also evaluated.

Results: The median $CTDI_{vol}$ values for brain, head and neck, chest, and pelvis regions were 41.6, 21.5, 14.8, and 17.8 mGy, respectively. The corresponding median DLP values were 1,279.3, 929.7, 644.2, and 674.8 mGy·cm. Compared with the NDRLs, the $CTDI_{vol}$ values obtained in this study were lower, whereas the DLP values were higher. Overall, these typical values were generally consistent with previous reports, particularly those involving CT simulators. Among the examined parameters, scan length showed a strong positive correlation with DLP ($r > 0.960$), whereas patient factors such as age, weight, and height exhibited weak correlations.

Conclusion: The institutional $CTDI_{vol}$ values derived from this study were lower than the Thai NDRLs, whereas DLP values were higher. but in line with other published findings. These results provide useful benchmarks for local optimization of CT simulator protocols, supporting radiation dose management and patient safety while maintaining adequate image quality for diagnosis and radiotherapy treatment planning.

Keywords: Computed tomography simulator; Volume CT dose index ($CTDI_{vol}$); Dose length product (DLP); Diagnostic reference levels (DRLs)

J Thai Assoc Radiat Oncol 2025; 31(2): R88 - R101

บทนำ

เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษา (Computed Tomography Simulator; CT Simulator) เป็นอุปกรณ์สำคัญในงานรังสีรักษาที่ใช้สำหรับสร้างภาพสามมิติของผู้ป่วย โดยภาพดังกล่าวสามารถแสดงรายละเอียดโครงสร้างทางกายวิภาคได้อย่างชัดเจน สนับสนุนการสร้างภาพรังสีดิจิทัล (Digitally Reconstructed Radiographs; DRRs) เพื่อการจำลองตำแหน่งผู้ป่วย และให้ข้อมูลค่าความหนาแน่นของอิเล็กตรอนซึ่งจำเป็นต่อการคำนวณปริมาณรังสีในการวางแผนรักษา คุณสมบัติเหล่านี้ทำให้เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษา กลายเป็นเครื่องมือที่ขาดไม่ได้สำหรับการรักษามะเร็งด้วยรังสีอย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำ อย่างไรก็ตาม แม้เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษา จะมีบทบาทสำคัญต่อการรักษา แต่การตรวจด้วยเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ย่อมทำให้ผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีสูงกว่าการถ่ายภาพเอกซเรย์ทั่วไป^[1] การบริหารจัดการปริมาณรังสีที่เหมาะสมจึงเป็นประเด็นสำคัญ เพื่อสร้างสมดุลระหว่าง คุณภาพของภาพที่เพียงพอต่อการวางแผนรักษากับการลดความเสี่ยงจากการได้รับรังสีเกินความจำเป็น

องค์การคณะกรรมการการป้องกันอันตรายจากรังสีระหว่างประเทศ (The International Commission on Radiological Protection; ICRP) ได้กำหนดหลักการพื้นฐานของการป้องกันรังสี 3 ประการ ได้แก่ justification of practice และ optimization of protection สำหรับผู้ป่วยที่ได้รับรังสีเพื่อการวินิจฉัยและรักษา ตลอดจน dose limits สำหรับบุคลากรและประชาชน^[2] หนึ่งในเครื่องมือสำคัญที่สนับสนุนหลักการ optimization คือ ค่า Diagnostic Reference Levels (DRLs) ซึ่งถูกแนะนำโดย ICRP Publication 135^[3] และได้รับการสนับสนุนจากทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (IAEA) TRS No. 457^[4] โดย DRLs ทำหน้าที่เป็นค่ามาตรฐานอ้างอิงที่ช่วยให้หน่วยงาน

ทางการแพทย์สามารถประเมินความเหมาะสมของปริมาณรังสีที่ใช้ และปรับปรุงค่าพารามิเตอร์ในการสร้างภาพทางรังสี หากพบว่าค่าปริมาณรังสีที่ใช้นั้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากค่ามาตรฐาน

ในประเทศไทย กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ได้กำหนดค่าปริมาณรังสีอ้างอิงระดับประเทศ (national DRLs) สำหรับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ เพื่อใช้เป็นแนวทางการควบคุมและปรับปรุงการปฏิบัติทางคลินิก โดยกำหนดค่าดัชนีปริมาณรังสี ได้แก่ ค่าปริมาณรังสีในหนึ่งหน่วยปริมาตรของการสแกน (Volume Computed Tomography Dose Index; CTDI_{vol}) และค่าปริมาณรังสีตลอดช่วงความยาวในการสแกน (Dose Length Product; DLP) ครอบคลุมการตรวจบริเวณต่าง ๆ ทั้งในกรณีที่มีการฉีดและไม่ได้ฉีดสารทึบรังสี เช่น สมอง ศีรษะ และลำคอ ทรวงอก และช่องท้อง พร้อมทั้งอธิบายรูปแบบของ DRLs หลายระดับ ได้แก่ typical values ได้จากข้อมูลในหน่วยงานเดียวหรือกลุ่มเล็ก ส่วน local DRLs (LDRLs) จัดทำจากข้อมูลผู้ป่วยในสถานพยาบาลจำนวนประมาณ 10–20 แห่ง ขณะที่ national DRLs (NDRLs) ได้จากการรวบรวมข้อมูลจากหลายหน่วยงานทั่วประเทศ และ regional DRLs (RDRLs) ได้จากการรวบรวม NDRLs ของหลายประเทศในภูมิภาคเดียวกัน^[5,6] อย่างไรก็ตาม จากงานวิจัยในประเทศไทยก่อนหน้าของ ทินกร ดอนมูล และคณะ รายงานว่าค่า typical DRLs สำหรับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองรักษาบริเวณอุ้งเชิงกรานมีค่าต่ำกว่าที่รายงานไว้ในงานวิจัยอื่น^[6]

งานวิจัยของ Zalokar N. และคณะ^[7] ที่ศึกษา ค่าปริมาณรังสีอ้างอิงสำหรับเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษาในประเทศสโลวีเนีย พบว่าค่าปริมาณรังสีอ้างอิงที่กำหนดมีความสอดคล้องกับมาตรฐาน European DRLs for Diagnostic CT แม้ว่าผู้ป่วยมะเร็งจะต้องได้รับรังสีในปริมาณสูงระหว่างกระบวนการรักษา แต่การสร้างภาพด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษา ยังคงจำเป็นต้องดำเนินการภายใต้หลักการ

optimization เพื่อลดปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับให้น้อยที่สุดโดยไม่กระทบต่อคุณภาพของภาพ เนื่องจากการได้รับรังสีเกินความจำเป็นอาจเพิ่มความเสี่ยงต่อผลกระทบทางรังสีในระยะยาว โดยเฉพาะ stochastic effects ดังนั้น การใช้ค่าปริมาณรังสีอ้างอิง จึงมีบทบาทสำคัญในฐานะตัวชี้วัดเพื่อประเมินความเหมาะสมของปริมาณรังสีที่ใช้ในการสร้างภาพสำหรับการวางแผนการรักษา

ปัจจุบันโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรยังไม่มี การกำหนดค่าปริมาณรังสีอ้างอิงสำหรับการสร้างภาพด้วย เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษา ขณะที่ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ได้แนะนำให้มีการทบทวนและปรับปรุงค่าปริมาณรังสีอ้างอิงอย่างน้อยทุก 3-5 ปี^[5,8] ดังนั้น การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจและกำหนดค่าปริมาณรังสีอ้างอิงระดับหน่วยงาน (typical values) สำหรับการสร้างภาพด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษาบริเวณต่าง ๆ ของร่างกาย ของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร และเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีปริมาณรังสีกับพารามิเตอร์ที่ใช้ในการตรวจและข้อมูลผู้ป่วย โดยค่าปริมาณรังสีอ้างอิงใช้เพื่อเป็นแนวทางในการควบคุมและปรับปรุงปริมาณรังสีให้เหมาะสม โดยคงคุณภาพของภาพที่จำเป็นต่อการวางแผนการรักษาไว้ในระดับที่เหมาะสม

วัสดุและวิธีดำเนินการ

1. กลุ่มตัวอย่าง

การศึกษานี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร (เลขที่โครงการ P1-0080/2567) และดำเนินการในรูปแบบการศึกษาแบบย้อนหลัง เพื่อกำหนดค่าปริมาณรังสีอ้างอิงของผู้ป่วยที่ได้รับการตรวจด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษา ณ โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร ในช่วงปี พ.ศ. 2564-2566 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

กำหนดตามแนวทางของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข โดยเก็บข้อมูลไม่น้อยกว่า 20 รายต่อบริเวณที่ศึกษา^[5,8] ข้อมูลปริมาณรังสีถูกดึงจากระบบซอฟต์แวร์ iMed ของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษา โดยกำหนดเกณฑ์คัดเข้าเป็นผู้ป่วยที่มีอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป ที่เข้ารับการตรวจด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษา ในบริเวณสมอง ศีรษะและลำคอ ทรวงอก และอุ้งเชิงกราน ส่วนเกณฑ์คัดออกได้แก่ผู้ป่วยที่มีน้ำหนักตัวอยู่นอกช่วง 45-75 กิโลกรัม^[5]

2. การเก็บข้อมูล

เพื่อให้มั่นใจว่าค่าปริมาณรังสีที่แสดงบนหน้าจอของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษามีความสอดคล้องกับค่าที่วัดได้จริง ผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลการตรวจสอบจากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ในช่วงปี พ.ศ. 2564-2566 โดยทำการวัดด้วย ฟันจำลองทรงกระบอก (cylindrical phantom) ร่วมกับ pencil ionization chamber เพื่อประเมินค่า CTDI_{vol} โดยเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับ คือ ค่าที่แสดงบนหน้าจอของเครื่องจะต้องมีความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ ±20 ตามเกณฑ์ของ IAEA Human Health Series No.19^[9] ในขั้นตอนการเก็บข้อมูลนั้น ข้อมูลต่าง ๆ ถูกดึงจากระบบซอฟต์แวร์ iMed ของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษา ยี่ห้อ PHILIPS รุ่น Brilliance CT Big Bore (Philips Healthcare, Amsterdam, Netherlands) ข้อมูลที่บันทึกประกอบด้วย ข้อมูลค่าปริมาณรังสี ได้แก่ CTDI_{vol} และ DLP โดยในงานวิจัยนี้เก็บข้อมูลในโปรโตคอลที่ไม่ฉีดสารทึบรังสี (ทั้งนี้ทั้งฉีดและไม่ฉีดสารทึบรังสีโรงพยาบาลใช้ค่าพารามิเตอร์เดียวกัน) รวมถึงเก็บข้อมูลผู้ป่วย ได้แก่ เพศ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง บริเวณที่เป็นมะเร็ง และชนิดของมะเร็ง นอกจากนี้ ยังบันทึกข้อมูลพารามิเตอร์ที่ใช้ในการสร้างภาพ ได้แก่ ประเภทโปรโตคอล, ค่าความต่างศักย์หลอดสูงสุด (tube voltage peak; kVp) ค่า

กระแส-เวลา ของหลอดเอกซเรย์ (tube current-time product; mAs), ความยาวการสแกน (scan length), ความหนาของสไลซ์ (slice thickness) และอัตราส่วนการเคลื่อนที่ของเตียงต่อความกว้างของลำรังสี (pitch)

3. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ค่าปริมาณรังสีอ้างอิง typical value ถูกกำหนดโดยใช้ค่ามัธยฐานของ $CTDI_{vol}$ และ DLP ที่ได้จากผู้ป่วยกลุ่มตัวอย่าง^[3] จากนั้นจึงนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับ NDRLs ที่กำหนดโดยกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ รวมถึงรายงานการศึกษาก่อนหน้านี้ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ

นอกจากนี้ ได้ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลผู้ป่วยและพารามิเตอร์การสร้างภาพ (ได้แก่ kV, mAs, slice thickness, scan length และ pitch) กับค่าปริมาณรังสี $CTDI_{vol}$ และ DLP โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient; r) ที่คำนวณได้จากโปรแกรม Microsoft Excel การแปลผลค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อ้างอิงตามเกณฑ์มาตรฐาน ได้แก่ $r = 0-0.30$ แสดงถึงความสัมพันธ์ระดับต่ำมาก $r = 0.31-0.50$ ระดับต่ำ $r = 0.51-0.70$ ระดับปานกลาง $r = 0.71-0.90$ ระดับสูง และ $r = 0.91-1.00$ ระดับสูงมาก^[10]

ผลการศึกษา

1. ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่า $CTDI_{vol}$ จากการตรวจสอบในปี พ.ศ. 2564-2566

การเปรียบเทียบความแตกต่างค่า $CTDI_{vol}$ ที่วัดได้กับค่าที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษาในปี พ.ศ. 2564-2566” ที่ตรวจสอบโดยกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ พบว่ามีค่าร้อยละความแตกต่างไม่เกิน ± 20 ตามเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับของ IAEA Human Health Series

No. 19^[9] ดังนั้น จึงสามารถนำข้อมูลปริมาณรังสีจากหน้าจอเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ ในช่วงปี 2564-2566 มาใช้ในการกำหนดค่า typical values ได้อย่างถูกต้อง

2. ข้อมูลผู้ป่วย และพารามิเตอร์ที่ใช้ในการสร้างภาพ

จากผลการศึกษาที่แสดงในตารางที่ 1 พบว่ามีผู้ป่วยเข้ารับการตรวจด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษาทั้งหมด 712 ราย โดยผ่านเกณฑ์คัดเข้าศึกษาจำนวน 333 ราย การกระจายตามตำแหน่งการตรวจพบว่า ผู้ป่วยที่ได้รับการตรวจบริเวณอุ้งเชิงกรานมีจำนวนมากที่สุด รองลงมาคือ ทรวงอก และศีรษะและลำคอ ส่วนบริเวณสมองมีจำนวนน้อยที่สุด กลุ่มผู้ป่วยส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 50-70 ปี โดยมีค่าเฉลี่ยของอายุน้ำหนัก และส่วนสูงใกล้เคียงกันระหว่างตำแหน่งที่ตรวจ ทั้งนี้ กลุ่มอุ้งเชิงกรานมีอายุเฉลี่ยสูงสุด ขณะที่กลุ่มสมองมีอายุเฉลี่ยต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น ผลดังกล่าวสะท้อนว่า ผู้ป่วยที่เข้ารับการตรวจด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษาส่วนใหญ่เป็นผู้สูงอายุ โดยเฉพาะกลุ่มที่ได้รับการตรวจบริเวณอุ้งเชิงกรานซึ่งมีสัดส่วนมากที่สุดในกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 2 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการสร้างภาพด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษา สำหรับบริเวณสมอง ศีรษะและลำคอ ทรวงอก และอุ้งเชิงกราน โดยพบว่า ค่า kVp ที่ใช้เท่ากันทุกบริเวณคือ 120 kVp ส่วนค่า mAs แตกต่างกันตามตำแหน่ง โดยอยู่ในช่วง 250-350 mAs ทั้งนี้ slice thickness มีค่าอยู่ในช่วง 1-3 มิลลิเมตรในสมอง และ 2-3 มิลลิเมตรในบริเวณอื่น ค่า pitch มีค่าต่ำกว่า 1 ขณะที่ scan length มีค่ามากที่สุดในบริเวณศีรษะและลำคอ (เฉลี่ย 416.8 มิลลิเมตร) และต่ำสุดในสมอง (เฉลี่ย 291.8 มิลลิเมตร)

ตารางที่ 1 ข้อมูลผู้ป่วยที่เข้ารับการตรวจด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษาในบริเวณสมอง ศีรษะและลำคอ ทรวงอก และอุ้งเชิงกราน

บริเวณ	จำนวนผู้ป่วย (ราย)	เพศ; ราย (ร้อยละ)		อายุ (ปี)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ส่วนสูง (เซนติเมตร)
		ชาย	หญิง			
สมอง	25	7 (28)	18 (72)	54.3±14.7	60.8±8.0	159.7±7.0
ศีรษะและลำคอ	66	52 (79)	14 (21)	62.0±12.8	57.3±8.2	163.4±8.1
ทรวงอก	98	23 (23)	75 (77)	59.3±11.3	58.9±7.7	157.7±6.5
อุ้งเชิงกราน	144	104 (72)	40 (28)	67.2±11.8	59.7±7.7	162.4±8.0
รวม/เฉลี่ย*	333	186 (56)	147 (44)	62.86±12.8	59.04±7.9	161.0±7.8

ตารางที่ 2 ข้อมูลค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการสร้างภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษาในบริเวณสมอง ศีรษะและลำคอ ทรวงอก และอุ้งเชิงกราน สำหรับการสร้างภาพแบบไม่มีดีตสารทึบรังสี

บริเวณ	kVp	mAs	Slice thickness (มิลลิเมตร)	Pitch	Scan length (มิลลิเมตร)
สมอง					
Mean±SD	*120±0	*350±0	2.1±0.4	*0.563±0	291.8±40.1
Range	-	-	1-3	-	220-390
ศีรษะและลำคอ					
Mean±SD	*120±0	330±14.4	2.5±0.5	0.748±0.107	416.8±56.3
Range	-	250-350	2-3	0.563-0.817	264-651
ทรวงอก					
Mean±SD	*120±0	250.5±5.1	2.6±0.5	0.782±0.054	398.6±33.1
Range	-	250-300	2-3	0.688-0.813	334-478
อุ้งเชิงกราน					
Mean±SD	*120±0	*300±0	2.4±0.5	0.806±0.029	340.2±34.9
Range	-	-	2-3	0.688-0.813	220-444

* ไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ จึงไม่แสดงค่า range

3. ค่า typical value

ตารางที่ 3 แสดงค่าปริมาณรังสีอ้างอิงระดับหน่วยงาน (typical values) ที่ได้จากการตรวจด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษาในแต่ละบริเวณ ได้แก่ สมอง ศีรษะและลำคอ ทรวงอก และอุ้งเชิงกราน ผลการคำนวณพบว่า ค่าปริมาณรังสี CTDI_{vol} มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 14.8–41.6 mGy และค่า DLP

อยู่ระหว่าง 460.7–1,851.1 mGy·cm โดยบริเวณสมองมีค่าปริมาณรังสีสูงสุด (CTDI_{vol} = 41.6 mGy และ DLP = 1,279.3 mGy·cm) รองลงมาคือ ศีรษะและลำคอ และอุ้งเชิงกราน ในขณะที่บริเวณทรวงอกมีค่าปริมาณรังสีต่ำที่สุด (CTDI_{vol} = 14.8 mGy และ DLP = 644.2 mGy·cm)

ตารางที่ 3 ค่าปริมาณรังสีอ้างอิงระดับหน่วยงาน (typical values) สำหรับการสร้างภาพด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษาในบริเวณสมอง ศีรษะและลำคอ ทรวงอก และอุ้งเชิงกราน

บริเวณ	ช่วงของค่า		Typical value	
	CTDI _{vol} (mGy)	ช่วงของค่า DLP (mGy.cm)	CTDI _{vol} (mGy)	DLP (mGy.cm)
สมอง (n= 25)	*41.6±0	980.2-1,684.9	41.6	1,279.3
ศีรษะและลำคอ (n=66)	14.8-41.6	606.3-1,851.1	21.5	929.8
ทรวงอก (n=98)	14.8-17.8	551.9-775.7	14.8	644.2
อุ้งเชิงกราน (n=144)	*17.8±0	460.7-856.1	17.8	674.8

*ไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์

4. ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลผู้ป่วยและพารามิเตอร์ที่ใช้ในการสร้างภาพกับค่าปริมาณรังสี

ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) แสดงให้เห็นว่า อายุ น้ำหนัก และส่วนสูง มีความสัมพันธ์กับค่า CTDI_{vol} ในบริเวณศีรษะและลำคอ รวมถึงทรวงอก ในระดับต่ำมาก ($r < 0.2$) เช่นเดียวกับกับค่า DLP ในทุกบริเวณที่ศึกษาซึ่งพบความสัมพันธ์ในระดับต่ำมากเช่นกัน อย่างไรก็ตาม มีข้อสังเกตว่าพารามิเตอร์ Scan length มีความสัมพันธ์

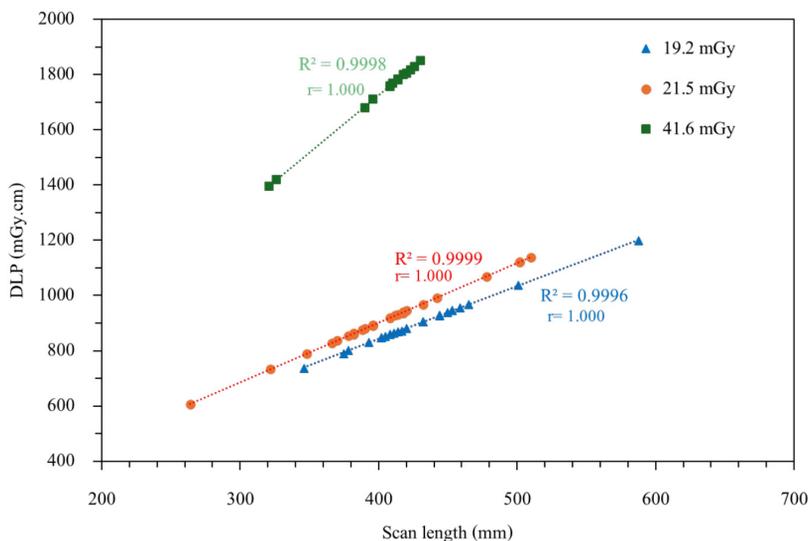
เชิงบวกในระดับสูงมากกับค่า DLP โดยเฉพาะในบริเวณสมอง ($r = 1.000$) ทรวงอก ($r = 0.963$) และอุ้งเชิงกราน ($r = 0.999$) ดังแสดงในตารางที่ 4 แม้ว่าบริเวณศีรษะและลำคอจะมีความสัมพันธ์ต่ำ ($r = 0.112$) แต่เมื่อวิเคราะห์แยกกลุ่มตามค่า CTDI_{vol} ดังภาพที่ 1 พบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงสูง ($r = 1.000$) โดยแสดงถึงค่า DLP เพิ่มขึ้นตามระยะการสแกน ซึ่งในการวิเคราะห์นี้ผู้วิจัยได้ตัดข้อมูล CTDI_{vol} ที่ 14.8 mGy ออก เนื่องจากมีข้อมูลเพียง 1 ราย

ตารางที่ 4 Heat map แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างข้อมูลผู้ป่วยและพารามิเตอร์ที่ใช้ในการสร้างภาพกับค่าดัชนีปริมาณรังสี (CTDI_{vol} และ DLP) จากการสร้างภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษา

บริเวณ	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)						
	CTDI _{vol} - อายุ	CTDI _{vol} - น้ำหนัก	CTDI _{vol} - ส่วนสูง	DLP- อายุ	DLP- น้ำหนัก	DLP- ส่วนสูง	DLP-Scan Length
สมอง				0.101	-0.229	0.113	1.000
ศีรษะและลำคอ	0.176	-0.133	-0.093	0.066	-0.124	0.076	0.112*
ทรวงอก	0.066	-0.124	0.076	-0.186	0.003	0.203	0.963
อุ้งเชิงกราน				0.051	0.101	0.058	0.999

- r = ±(0-0.30) แสดงถึงความสัมพันธ์ระดับต่ำมาก
- r = ±(0.31-0.50) ระดับต่ำ
- r = ±(0.51-0.70), ระดับปานกลาง
- r = ±(0.71-0.90) ระดับสูง
- r = ±(0.91-1.00) ระดับสูงมาก

* วิเคราะห์เพิ่มเติมในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะการสแกน (scan length) และค่าปริมาณรังสี DLP ในกลุ่มศีรษะและลำคอที่จำแนกเป็น 3 กลุ่มตามค่า CTDI_{vol} (19.2, 21.5 และ 41.6 mGy)

บทวิจารณ์

การศึกษานี้ได้กำหนดค่าปริมาณรังสีอ้างอิง typical values จากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษา และทำการเปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ พบว่ามีความแตกต่างของค่า CTDI_{vol} และ DLP ในแต่ละบริเวณ ซึ่งขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ทางเทคนิคที่ใช้ เช่น kVp, mAs, และระยะสแกน (scan length) ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยที่ส่งผลโดยตรงต่อปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับ

สำหรับบริเวณสมองและอุ้งเชิงกราน ค่า typical values ที่ได้ถูกคำนวณจากค่า CTDI_{vol} เพียงค่าเดียว เนื่องจากไม่มีการปรับค่าพารามิเตอร์ kVp และ mAs ระหว่างผู้ป่วยแต่ละราย ทั้งนี้ การไม่ปรับค่า kVp มีเหตุผลจากการที่ค่าดังกล่าวมีผลต่อความสัมพันธ์ระหว่างค่าเลขซีที (CT number) กับค่าความหนาแน่นของอิเล็กตรอน ซึ่งส่งผลต่อการคำนวณปริมาณรังสีในระบบวางแผนการ

รักษา (treatment planning system; TPS) กราฟความสัมพันธ์ดังกล่าวถูกสร้างขึ้นเฉพาะสำหรับแต่ละค่า kVp ดังนั้น หากมีการเปลี่ยน kVp จะต้องเลือกกราฟให้สอดคล้องกันใหม่ ทำให้บางสถาบันนิยมตั้งค่า kVp เพียงค่าเดียวสำหรับทุกบริเวณที่ทำการสร้างภาพ ส่วนค่า mAs ที่ไม่ถูกปรับในบริเวณสมองและอุ้งเชิงกรานนั้น เป็นไปตามโปรโตคอลของโรงพยาบาล

ตารางที่ 5 และ 6 แสดงการเปรียบเทียบค่าปริมาณรังสีอ้างอิง CTDI_{vol} และ DLP ที่ได้จากการศึกษานี้กับค่าจากแหล่งอ้างอิงต่าง ๆ ทั้งในประเทศไทย และต่างประเทศ ได้แก่ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์^[8] รายงานจากโครงการ THA6043 โดยกลุ่มโรงเรียนแพทย์^[5] ทินกร ดอนมูล และคณะ^[6] Kanda R. และคณะ^[11] และ Zalokar N. และคณะ^[7]

ตารางที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบค่า typical value ของ CTDI_{vol} (mGy) ที่ได้จากการวิจัยนี้กับค่าอ้างอิงของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ และงานวิจัยก่อนหน้านี้ทั้งไทยและต่างประเทศ

บริเวณ	กรม วิทยาศาสตร์ การแพทย์ ^[8]	โครงการ THA6043 โดยกลุ่ม โรงเรียน แพทย์ ^[5]	CTDI _{vol} (mGy)			
			Kanda R et al. ^[11]	*ทินกร ดอนมูล และ คณะ ^[6]	*Zalokar N. et al. ^[7]	*งานวิจัยนี้
สมอง	62	52.9	77	-	76.9	41.6
ศีรษะและลำคอ	-	-	-	-	22.6	21.5
ทรวงอก	18	12.1	13	-	19.2	14.8
อุ้งเชิงกราน	-	-	-	13	17.9	17.8

* ข้อมูลจากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษา

ตารางที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบค่า typical value ของ DLP (mGy.cm) ที่ได้จากการวิจัยนี้กับค่าอ้างอิงของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ และงานวิจัยก่อนหน้าทั้งไทยและต่างประเทศ

บริเวณ	กรม วิทยาศาสตร์ การแพทย์ ^[8]	โครงการ THA6043 โดยกลุ่ม โรงเรียน แพทย์ ^[5]	DLP (mGy.cm)			
			Kanda R et al. ^[11]	*ทินกร ดอนมูล และ คณะ ^[6]	*Zalokar N. et al. ^[7]	*งานวิจัยนี้
สมอง	1,028	1,125	1350	-	1,942.4	1,279.3
ศีรษะและลำคอ	-	-	-	-	969.2	929.8
ทรวงอก	417	509	510	-	832.4	644.2
อุ้งเชิงกราน	-	-	-	478.7	677.1	674.8

* ข้อมูลจากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษา

สำหรับบริเวณสมอง พบว่าค่า CTDI_{vol} มีค่าต่ำกว่างานวิจัยอื่น ๆ^[5-8,11] อย่างชัดเจน ขณะที่ค่า DLP มีค่าสูงกว่ารายงานของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์^[8] และโครงการ THA6043^[5] ไม่เกินร้อยละ 20 และใกล้เคียงกับงานของ Kanda R. และคณะ^[11] (ต่างกันไม่เกินร้อยละ 10) เมื่อเปรียบเทียบกับงานของ Zalokar N. และคณะ^[7] พบว่าค่าที่ได้ต่ำกว่าประมาณร้อยละ 50 ซึ่งอาจเป็นผลจากความแตกต่างของพารามิเตอร์การสแกนโดยในงานของ Zalokar N. และคณะ ใช้เครื่องต่างยี่ห้อกับงานวิจัยนี้ ซึ่งตั้งค่า reference mAs สูงกว่า (ประมาณ 350-370 mAs) และเปิดใช้ระบบควบคุมกระแสอัตโนมัติ (AEC) ขณะที่การศึกษานี้ไม่ได้ใช้ระบบดังกล่าว

ในบริเวณศีรษะและลำคอ ค่า CTDI_{vol} และ DLP มีค่าใกล้เคียงกับงานของ Zalokar N. และคณะ^[7] มากโดยต่างกันไม่ถึงร้อยละ 10 สะท้อนว่าพารามิเตอร์การสแกนที่ใช้ในเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการ

รักษาอยู่ในช่วงที่เทียบเคียงได้กับแนวทางในต่างประเทศ แม้ว่าการศึกษานี้จะไม่ได้ใช้ระบบ AEC ก็ตาม ทั้งนี้การสแกนบริเวณศีรษะและลำคอมีลักษณะเฉพาะของรังสีรักษา ซึ่งมีช่วงสแกน (scan length) ที่แตกต่างจากงานรังสีวินิจฉัย จึงไม่ปรากฏรายงานค่าปริมาณรังสีอ้างอิงในฐานข้อมูลของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ที่มุ่งเน้นการตรวจวินิจฉัยเป็นหลัก

สำหรับบริเวณทรวงอก พบว่าค่า CTDI_{vol} และ DLP จากการศึกษานี้มีค่าต่ำกว่ารายงานของ Zalokar N. และคณะ^[7] เมื่อเทียบกับค่าที่รายงานโดยกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์^[8] พบว่า CTDI_{vol} จากการศึกษานี้มีค่าต่ำกว่าขณะที่ค่า DLP สูงกว่า ซึ่งอาจเป็นผลมาจากค่า scan length ที่ใช้ในงานทางรังสีรักษามีค่ามากกว่า นอกจากนี้ทั้งค่า CTDI_{vol} และ DLP ยังสูงกว่าค่าที่รายงานจากการศึกษาก่อนหน้า ของ Kanda R. และคณะ^[11]

สำหรับบริเวณอุ้งเชิงกราน ผลการศึกษาพบว่า ค่า CTDI_{vol} และ DLP ของงานวิจัยนี้มีค่าใกล้เคียงกับงานของ Zalokar N. และคณะ^[7] แต่สูงกว่าค่าที่รายงานโดยทินกร ดอนมูล และคณะ^[6] ประมาณร้อยละ 30 แม้ว่าทั้งสามการศึกษาจะใช้เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษาเช่นเดียวกัน แต่ความแตกต่างเมื่อเทียบกับงานของทินกร และคณะ อาจเกิดจากความแตกต่างของการใช้ระบบ AEC หรือจากการตั้งค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ สำหรับการสร้างภาพในเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์คนละยี่ห้อ

จากที่กล่าวมาก่อนหน้าเมื่อเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงของ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์^[5] พบว่าค่า DLP ที่ได้จากงานวิจัยนี้มีค่าสูงกว่าทุกบริเวณ ได้แก่ สมอง และทรวงอก สะท้อนให้เห็นว่าปริมาณรังสีที่ใช้จริงอาจสูงกว่าค่ามาตรฐานระดับประเทศ อย่างไรก็ตาม ข้อมูลของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์เป็นค่ามาตรฐานที่ได้จากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ทางรังสีวินิจฉัย ซึ่งอาจแตกต่างจากเครื่องที่ใช้ในงานรังสีรักษา เช่น การคงค่า kVp ไว้ที่ 120 kVp โดยทั่วไปทางรังสีรักษาจะไม่ปรับค่า kVp ตามขนาดของผู้ป่วย หรือบริเวณที่ทำการสร้างภาพ อีกทั้งขนาด gantry ที่ใหญ่กว่า ทำให้ระยะ SSD มากขึ้น และต้องปรับค่าพารามิเตอร์เพื่อให้ได้คุณภาพของภาพที่เพียงพอ นอกจากนี้ ระยะการสแกนในการวางแผนทางรังสีรักษามักยาวกว่าการตรวจวินิจฉัย เพื่อครอบคลุมก้อนมะเร็งและอวัยวะเสี่ยงที่ต้องประเมินปริมาณรังสีสอดคล้องกับรายงานของ Sanderud A. และคณะ^[12] ที่พบว่า ค่า CTDI_{vol} และ DLP ของการสร้างภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์เพื่อจำลองการรักษามีแนวโน้มสูงกว่าการสร้างภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์เพื่อการวินิจฉัย เนื่องจากวัตถุประสงค์ของการสร้างภาพต่างกัน โดยการสร้างภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษามุ่งเน้นความถูกต้องและความแม่นยำของภาพสำหรับการวางแผนการรักษา มากกว่าการลดปริมาณรังสีตามหลักการ optimization ของงานรังสีวินิจฉัย

นอกจากนี้ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์แสดงให้เห็นว่า อายุ น้ำหนัก และส่วนสูง มีความสัมพันธ์ต่ำมากกับค่า CTDI_{vol} ในทุกบริเวณ ขณะที่พารามิเตอร์ scan length มีความสัมพันธ์เชิงบวกสูงมากกับค่า DLP โดยเฉพาะในบริเวณสมอง ทรวงอก และอุ้งเชิงกราน ซึ่งตอกย้ำว่า การควบคุมความยาวการสแกนเป็นปัจจัยสำคัญในการลดปริมาณรังสีโดยไม่กระทบคุณภาพของภาพ

ทั้งนี้ จากการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่า scan length และค่า DLP ของบริเวณศีรษะและลำคอ พบว่าเมื่อควบคุมตัวแปร CTDI_{vol} แล้ว โดยจัดกลุ่มข้อมูลตามค่า CTDI_{vol} และวิเคราะห์เป็นรายกลุ่ม พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปรดังกล่าวมีระดับสูงมาก (ภาพที่ 1) ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มความสัมพันธ์ที่พบในบริเวณอื่น ๆ

ข้อจำกัดของการศึกษา คือ เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษาที่ใช้ในการศึกษานี้ ไม่มีระบบ AEC ทำให้ไม่สามารถปรับค่า mAs อัตโนมัติตามลักษณะทางกายวิภาคและขนาดตัวผู้ป่วย อีกทั้งบางบริเวณมีการใช้พารามิเตอร์คงที่ นอกจากนี้ยังไม่ได้มีการหาค่าดัชนีขนาดผู้ป่วย เช่น water-equivalent diameter ทำให้ไม่สามารถคำนวณค่า size-specific dose estimate (SSDE) ได้

ข้อเสนอแนะ คือ ควรมีการปรับปรุงโปรโตคอลให้เหมาะสมกับขนาดผู้ป่วย เช่น การกำหนด scan length ที่เหมาะสม และการใช้ chart ปรับค่า mAs ตามความหนาของผู้ป่วยกรณีที่ไม่มี AEC รวมถึงควรพิจารณาการใช้ iterative reconstruction เพื่อลดค่า mAs โดยไม่กระทบคุณภาพของภาพ ทั้งนี้ ค่า DRLs ไม่ควรถูกใช้เป็น dose limit โดยตรง แต่ควรใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการเฝ้าระวังและปรับปรุงคุณภาพ เพื่อสร้างสมดุลระหว่างคุณภาพของภาพและความปลอดภัยของผู้ป่วย

ข้อสรุป

จากการศึกษานี้สามารถกำหนดค่า typical values ของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษาได้ โดยพบว่าค่า $CTDI_{vol}$ สำหรับการสร้างภาพในบริเวณสมอง ศีรษะและลำคอ ทรวงอก และ อุ้งเชิงกราน มีค่า 41.6, 21.5, 14.8 และ 17.8 mGy ตามลำดับ และค่า DLP เท่ากับ 1,279.3, 929.75, 644.15 และ 674.75 mGy-cm ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ชี้ให้เห็นว่า scan length เป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่า DLP มากที่สุด ขณะที่ข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วย ได้แก่ อายุ น้ำหนัก และส่วนสูง มีความสัมพันธ์ต่ำมากกับทั้ง $CTDI_{vol}$ และ DLP ข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการกำหนดค่าปริมาณรังสีอ้างอิงที่เหมาะสมสำหรับเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษา อีกทั้งควรขยายการศึกษาในเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษาเพิ่มเติม เพื่อจัดทำค่าปริมาณรังสีอ้างอิงในระดับที่ครอบคลุมและเป็นมาตรฐานมากยิ่งขึ้นในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณเจ้าหน้าที่หน่วยรังสีรักษา ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษาและอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล รวมทั้งขอขอบคุณภาควิชารังสีเทคนิค คณะสหเวชศาสตร์ และหน่วยวิจัยด้านสหวิทยาการสุขภาพและวิทยาศาสตร์ข้อมูล มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้การสนับสนุนตลอดการดำเนินการวิจัย นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข สำหรับข้อมูลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ในช่วงปี พ.ศ. 2564–2566 ซึ่งมีส่วนสำคัญต่อความถูกต้องของผลการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

1. Osman H, Raafat BM, Faizo NL, Ahmed RM, Alamri S, Alghamdi AJ, et al. Exposure levels of CT and conventional X-ray procedures for radiosensitive pelvic organ in Saudi Arabia. *J Radiat Res Appl Sci* 2021;14:449–55.
2. International Commission on Radiological Protection. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (ICRP Publication 103). *Ann ICRP* 2007;37(2–4):1332.
3. Author on behalf of ICRP. Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging (ICRP Publication 135). *Ann ICRP* [Internet] 2017;46:1–144.
4. International Atomic Energy Agency. Dosimetry in Diagnostic Radiology: An International Code of Practice, Technical Reports Series No. 457. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2007.
5. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. ค่าปริมาณรังสีอ้างอิงในการถ่ายภาพรังสีวินิจฉัยทางการแพทย์ ของประเทศไทย 2566. นนทบุรี: บริษัท ปิยอนด์พับลิชชิง จำกัด; 2566.
6. Donmoon T, Chusin T. Establishment of typical dose levels for computed tomography of the pelvis region in radiotherapy simulation procedures. *J. Thai Assoc Radiol Oncol* 2023;29: R23-33.
7. Zalokar N, Žager Marciuš V, Mekiš N. Establishment of national diagnostic reference levels for radiotherapy computed tomography simulation procedures in Slovenia. *Eur J Radiol* 2020;127:108979
8. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. ค่าปริมาณรังสีอ้างอิงในการถ่ายภาพรังสีวินิจฉัยทางการแพทย์ ของประเทศไทย 2564. นนทบุรี: บริษัท ปิยอนด์พับลิชชิง จำกัด; 2564.
9. International Atomic Energy Agency. Quality Assurance Programme for Computed Tomography: Diagnostic and Therapy Applications [Internet]. No. 19. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2012. Available from: <http://www.iaea.org/Publications/index.html>
10. Hinkle D, Wiersma W, Jurs S. Solutions manual: Applied statistics for the behavioral sciences. Houghton Mifflin; 1988.
11. Kanda R, Akahane M, Koba Y, Chang W, Akahane K, Okuda Y, et al. Developing diagnostic reference levels in Japan. *Jpn J Radiol* 2021;39:307–14.
12. Sanderud A, England A, Hogg P, Fosså K, Svensson SF, Johansen S. Radiation dose differences between thoracic radiotherapy planning CT and thoracic diagnostic CT scans. *Radiog* 2016;22: 107–11.