

การประเมินการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะโดยใช้วิธีการประมาณค่าแบบผสม
สำหรับการรักษามะเร็งศีรษะและลำคอ ด้วยเทคนิคการฉายรังสีปรับความเข้ม
(ศึกษาในหุ่นจำลอง)

Evaluation of metal artifacts reduction using hybrid interpolation
for head and neck cancer treatment of intensity modulated
radiation therapy technique (Phantom study)

พฤทธิพร เจริญสิทธิ์¹, กิตติพล เดชะวรกุล², ฐิติพงศ์ แก้วเหล็ก³

¹สาขาวิชาฟิสิกส์การแพทย์ ภาควิชารังสีเทคนิค คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

²งานรังสีรักษา โรงพยาบาลจุฬาภรณ์

³ภาควิชารังสีเทคนิค คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผู้นิพนธ์ประสานงาน

พฤทธิพร เจริญสิทธิ์

สาขาวิชาฟิสิกส์การแพทย์ ภาควิชารังสีเทคนิค คณะสหเวชศาสตร์

มหาวิทยาลัยนเรศวร อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

อีเมล: Phruetiporn60@email.nu.ac.th

Phruetiporn Thainsitiporn¹, Kittipol Dachaworakul², Titipong Kaewlek³

¹Medical Physics Program, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University

²Medical Physics Program, Faculty of Medicine and Public Health, HRH Princess Chulabhorn College of Medical Science, Chulabhorn Royal Academy

³Department of Radiological Technology, Faculty of allied Health Sciences, Naresuan University

Corresponding author

Phruetiporn Thainsitiporn

Medical Physics Program, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, Thailand, 65000

Email: Phruetiporn60@email.nu.ac.th

Submitted: Feb 2, 2020

Revised: March 13, 2020

Accepted: March 27, 2020

บทคัดย่อ

หลักการและเหตุผล: การรักษามะเร็งศีรษะและลำคอด้วยวิธีการฉายรังสีจำเป็นต้องมีความถูกต้องเพื่อให้ได้ปริมาณรังสีที่สม่ำเสมอและหลีกเลี่ยงอวัยวะโดยรอบ ซึ่งทันตกรรมประดิษฐ์หรือสิ่งแปลกปลอมที่พบบ่อยในภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษามะเร็งศีรษะและลำคอมาจากรากฟันเทียมโลหะส่งผลให้บังอวัยวะโดยรอบ ทำให้ได้ภาพที่ไม่ชัดเจนและไม่มีประสิทธิภาพพอที่จะนำมาวางแผนการรักษา อย่างไรก็ตามสิ่งแปลกปลอมดังกล่าวสามารถลดได้ด้วยอัลกอริทึมลดสิ่งแปลกปลอมโลหะ

วัตถุประสงค์: เพื่อพัฒนาวิธีการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะสำหรับภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษาบริเวณศีรษะและลำคอที่มีรากฟันเทียม ก่อนวางแผนการรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีแบบปรับความเข้มลำรังสี

วัสดุและวิธีการ: ศึกษาจากภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์หุ่นจำลองศีรษะและลำคอที่มีสกรูโลหะจำนวน 1 ชั้น และ 2 ชั้น โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะเปรียบเทียบกัน 3 วิธีการคือ วิธีการประมาณค่าเชิงเส้น (แอลไอ) วิธีการโทโทโล วาริโอซัน อินเพนทิง (ทีวี) และวิธีการแบบผสม (ไฮบริด) ทำการประเมินระยะเวลา เส้นโปรไฟล์ ค่าข้อมูลภาพ รูปร่างของสกรูโลหะก่อนและหลังลดสิ่งแปลกปลอมโลหะ

ผลการศึกษา: วิธีการไฮบริดใช้เวลาการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะในภาพที่มีสกรูโลหะจำนวน 1 ชั้น และ 2 ชั้น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 59.93 วินาที และ 148.71 วินาที ตามลำดับ ผลเชิงคุณภาพโปรไฟล์ ค่าข้อมูล และรูปร่างของสกรูโลหะก่อนและหลังลดสิ่งแปลกปลอม พบว่าวิธีการไฮบริดใกล้เคียงกับภาพที่ผ่านวิธีการทีวี วิธีการไฮบริดสามารถลดสิ่งแปลกปลอมได้มีประสิทธิภาพกว่าวิธีการแอลไอในภาพที่มีโลหะจำนวน 2 ชั้น

ข้อสรุป: วิธีการไฮบริดใช้เวลาน้อยกว่าวิธีการทีวี ผลประเมินเส้นโปรไฟล์ ค่าข้อมูล และรูปร่างของสกรูโลหะพบว่าใกล้เคียงกับวิธีการทีวี

คำสำคัญ: เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์, รากฟันเทียม, สิ่งแปลกปลอมโลหะ, การจำลองการรักษา

Abstract

Backgrounds: Radiation therapy for head and neck cancer treatment requires an accurate treatment plan to obtain a consistent dose and avoid the surrounding organs. Dental prosthetics or other artifacts, commonly found in computed tomography simulation images of the head and neck, produce metal artifact. Metal artifact obstructs the images of the surrounding organs and tissues. These images are unclear and cannot be effectively used in treatment planning, however, the artifacts can be reduced by an algorithm.

Objective: To develop a method for reducing metal artifacts in computed tomography simulation images of the head and neck with dental prosthetics before planning treatment with Intensity Modulated Radiation Therapy (IMRT)

Materials and methods: The efficiency of these three methods of reducing metal artifacts, (linear interpolation method (Li), total variation inpainting method (TV) and hybrid interpolation method (Hybrid)) were compared on the head and neck phantom images of an inserted metal screw and two metal screws. The time of the metal artifact reduction, line profiles, image data

values and the shape of metal screws of both initial and reduced artifact images were evaluated.

Results: The average times of the hybrid interpolation method were 59.93 seconds and 148.71 seconds for a metal screw and two metal screws, respectively. The evaluated quality of the line profile, image data value and shape of the metal screws were similar to the TV method. Moreover, the hybrid method reduced metal artifact on the head and neck phantom images of two metal screws better than Li method.

Conclusion: Hybrid interpolation used less time than TV methods. The evaluated quality of the line profile, image data value and shape of the metal screws were similar to the TV method.

Keywords: Computed tomography, Dental implant, Metal artifacts, Simulation

J Thai Assoc Radiat Oncol 2020; 26(1): R36-R54

บทนำ

ปัจจุบันโรคมะเร็งศีรษะและลำคอพบมากเป็นอันดับต้น ๆ ของโรคมะเร็งทั้งหมดทั่วโลกและมีอัตราการเสียชีวิตที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับมะเร็งชนิดอื่น^[1] วิธีการรักษาโรคมะเร็งของผู้ป่วยแต่ละคนจะขึ้นกับปัจจัยหลายประการ เช่น ตัวผู้ป่วย ก้อนมะเร็ง และระยะของโรค มะเร็ง หนึ่งในวิธีการที่นิยมคือการฉายรังสี ซึ่งต้องมีการวางแผนการรักษาก่อนทำการรักษา และเพื่อให้การฉายรังสีเป็นไปด้วยความถูกต้องและแม่นยำสูง ผู้ป่วยต้องได้รับปริมาณรังสีที่สม่ำเสมอและหลีกเลี่ยงอวัยวะโดยรอบในการฉายรังสีจึงต้องมีการถ่ายภาพทางรังสีที่จะนำมาใช้สำหรับการวางแผนการรักษา ปัจจุบันนิยมถ่ายภาพด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ เพราะจะได้ความถูกต้องสูง^[2] เป็นสิ่งจำเป็นต่อการวินิจฉัยรวมถึงการวางแผนในการรักษาโรค เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือถ่ายภาพที่สามารถสร้างภาพแบบปริมาตรหรือแบบ 3 มิติ โดยอาศัยค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้นของอวัยวะต่างๆ เทียบกับค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้นของน้ำ จะแสดงเป็นเลขซีที ทำให้ภาพที่ได้มีความแตกต่างกัน ไม่ซ้อนทับ

กันและสามารถแยกส่วนที่เป็นรอยโรคออกจากส่วนเนื้อเยื่อได้^[3] โดยข้อมูลของเลขซีที มีความสัมพันธ์กับค่าความหนาแน่นของอิเล็กตรอน ซึ่งเป็นพื้นฐานในการคำนวณปริมาณรังสี แต่อย่างไรก็ตาม บางกรณีที่มีผู้ป่วยมีวัสดุโลหะฝังในส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น รากฟันเทียม ซึ่งพบบ่อยในบริเวณการฉายรังสีที่ศีรษะและลำคอ ผลที่ตามมาคือการเกิดสิ่งแปลกปลอมลักษณะเส้นสีขาว (hyperdense streak) และแถบสีดำ (hypodense streak) ที่เรียกว่าสิ่งแปลกปลอมโลหะ ซึ่งจะรบกวนและบดบังอวัยวะข้างเคียงทำให้ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่จะใช้ในการวางแผนการรักษามีลักษณะภาพที่ไม่เหมาะสมสำหรับการวางแผนการรักษา นอกจากจะกำหนดปริมาตรเป้าหมายผิดพลาดยังทำให้การคำนวณปริมาณรังสีผิดไปด้วย^[4,5] ดังนั้นจึงควรทำการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะในภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์เสียก่อนการนำมาใช้ การลดสิ่งแปลกปลอมสามารถแบ่งออกเป็น 2 วิธีการได้แก่ การใช้เอกซเรย์พลังงานสูงและการประมวลผลภาพ^[6] อย่างไรก็ตาม ในทางรังสีรักษามีการกำหนดค่าพลังงานของเอกซเรย์คงที่ การศึกษาครั้งนี้จึงให้ความสนใจวิธีการ

ลดสิ่งแปลกปลอมโลหะด้วยวิธีการประมวลผลภาพ ด้วยวิธีการประมาณค่าเชิงเส้น^[7-10] โดยจะศึกษาจากหุ่นจำลองศีรษะและลำคอก่อนศึกษาการกระจายปริมาณรังสีด้วยเทคนิคปรับความเข้มในภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ผู้ป่วยมะเร็งศีรษะและลำคอต่อไปในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยสนใจศึกษาเปรียบเทียบการลดสิ่งแปลกปลอมด้วยวิธีการประมวลผลภาพ ด้วยวิธีการประมาณค่าเชิงเส้น (linear interpolation; Li) เปรียบเทียบกับวิธีการประมวลผลแบบซ้ำ โทโทล วาริเอชัน อินเพนทิง (total variation inpainting; TV) และวิธีการประมาณค่าแบบผสม (hybrid interpolation; Hybrid) วิธีการ Li จะใช้ค่าข้อมูลระหว่างแนวเส้นโลหะของไซโนแกรมภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ มาประมาณค่าข้อมูลในแต่ละมุมแล้วนำไปสร้างภาพใหม่เพื่อลดสิ่งแปลกปลอมโลหะ แต่ก็มักมีข้อเสียคือการเกิดสิ่งแปลกปลอมขึ้นมาใหม่หลังประมวลผล ส่วนวิธีการแบบซ้ำ ผู้วิจัยเลือกใช้ วิธีการ TV สำหรับการประมาณค่าข้อมูลบนไซโนแกรมของภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ แต่ด้วยวิธีการนี้มีข้อเสียคือใช้เวลาในการประมวลผลนาน^[11] ทางผู้วิจัยจึงประยุกต์วิธีการ Hybrid ขึ้นมาเพื่อศึกษาเปรียบเทียบ โดยวิธีการนี้นำวิธีการ Li มาทำงานร่วมกับวิธีการ TV เพื่อช่วยทำให้ลดข้อ

เสียดังกล่าวข้างต้น แล้วทำการเปรียบเทียบประเมินคุณภาพทั้ง 3 วิธีการ

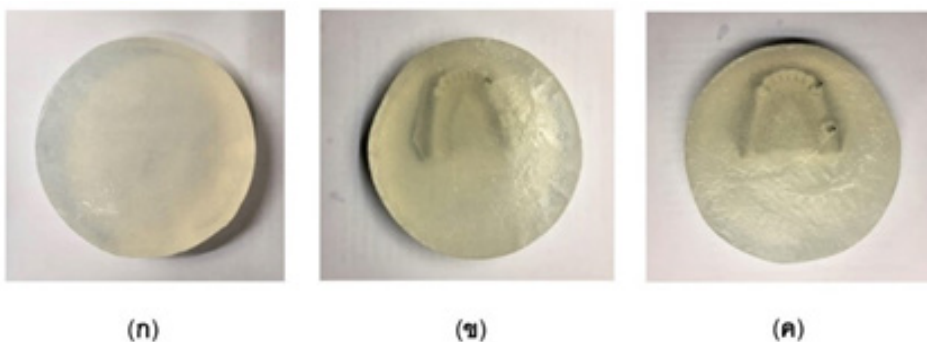
วัสดุและวิธีการ

1. วัสดุอุปกรณ์

1.1 เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษา รุ่น Brilliance big bore ยี่ห้อ Philips 16 Slice (งานรังสีรักษา โรงพยาบาลจุฬารัตน์ กรุงเทพมหานคร)

1.2 ภาพถ่ายเอกซเรย์คอมพิวเตอร์หุ่นจำลองศีรษะและลำคอบนุษย์ที่ทำมาจากกลีเซอริน (glycerin)^[12] เป็นสารจำพวกโพลีไฮดรอลิกแอลกอฮอล์ (polyhydric alcohol) ที่มีสูตรโมเลกุลคือ $C_3H_8O_3$ สำหรับเป็นวัสดุแทนเนื้อเยื่อ ใช้แคลเซียมคาร์บอเนต (calcium carbonate; $CaCO_3$) ผสมกับเรซิน (resin) ในอัตราส่วน 1:1 สำหรับเป็นวัสดุแทนฟัน และใช้เหล็ก (Iron; Fe-26) สำหรับเป็นวัสดุแทนรากฟันเทียมหุ่นจำลองแบ่งออกเป็น 3 ตัว ได้แก่ หุ่นจำลองที่ไม่ใส่สกรูโลหะ หุ่นจำลองที่ใส่สกรูโลหะจำนวน 1 ชิ้น และหุ่นจำลองที่ใส่สกรูโลหะจำนวน 2 ชิ้น ดังแสดงได้ดังภาพที่ 1

1.3 ภาพถ่ายเอกซเรย์คอมพิวเตอร์หุ่นจำลองศีรษะและลำคอที่ไม่ใส่สกรูโลหะ ใส่สกรูโลหะ 1 ชิ้น จำนวน 6 ภาพ และใส่สกรูโลหะ 2 ชิ้น จำนวน 3 ภาพ



ภาพที่ 1 หุ่นจำลองศีรษะและลำคอบนุษย์:

(ก) หุ่นจำลองที่ไม่ใส่สกรูโลหะ, (ข) หุ่นจำลองที่ใส่สกรูโลหะจำนวน 1 ชิ้น, (ค) หุ่นจำลองที่ใส่สกรูโลหะจำนวน 2 ชิ้น

2. วิธีการดำเนินงาน

2.1 การพัฒนาวิธีการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะ

งานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีการประมวลผลภาพด้วยการทำให้ไซโนแกรมสมบูรณ์ (sinogram completion) เพื่อลดสิ่งแปลกปลอมโลหะ ขั้นตอนประกอบด้วย

1. การจำแนกข้อมูลภาพโลหะ (metal segmentation)
2. การประมาณค่าข้อมูล
3. การสร้างภาพใหม่ (image reconstruction)

โดยในการศึกษาจะมีการเปรียบเทียบวิธีการในขั้นตอนที่ 2 (ระหว่างวิธีการ Li วิธีการ TV และวิธีการ Hybrid) แต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1.1 การจำแนกข้อมูลภาพโลหะ

ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่มีความหลากหลายของเนื้อเยื่อรวมถึงโลหะจากรากฟันเทียม จะถูกนำมาจำแนกข้อมูลภาพโลหะออกจากข้อมูลภาพส่วนของเนื้อเยื่อ โดยใช้วิธีการหลายระดับค่ามูลฐาน (multi thresholding) โดยกำหนดค่าระดับมูลฐาน (threshold value) ของข้อมูลภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์หุ่นจำลอง ศีรษะและลำคอที่ใส่สกรูโลหะ หลังจากนั้นนำภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่ทำการจำแนกข้อมูลภาพแล้วมาในส่วนของเนื้อเยื่อและส่วนของโลหะมาทำการแปลงข้อมูลภาพจากภาพ 2 มิติ ในโดเมนเชิงตำแหน่ง (spatial domain) ให้เป็นไซโนแกรมโดเมน (sinogram domain) เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

2.1.2 การจำแนกข้อมูลภาพโลหะบนไซโนแกรมโดเมน

ภาพไซโนแกรมโดเมนที่แปลงข้อมูลภาพส่วนของโลหะจะนำมาหาขอบเขตของโลหะด้วยวิธีการปรับเปลี่ยนค่าระดับมูลฐาน (variable thresholding) ซึ่งจะกำหนดค่าข้อมูลของบริเวณที่สนใจเพื่อให้ได้ข้อมูลภาพ 2 ชุดแยกออกจากกัน โดยพิจารณาจากค่าส่วนเบี่ยงเบน

มาตรฐานและค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดข้อมูลภาพ เมื่อได้ข้อมูลขอบเขตของโลหะแล้ว จะกำหนดขอบเขตของข้อมูลภาพไซโนแกรมของโลหะให้มีค่าเท่ากับ 1 และกำหนดข้อมูลภาพไซโนแกรมบริเวณอื่นๆ มีค่าเท่ากับ 0 จากนั้นนำข้อมูลไปใช้ในการประมาณค่าในขั้นตอนถัดไป

2.1.3 วิธีการประมาณค่าข้อมูลของไซโนแกรม

ในการศึกษารั้งนี้ จะทำการเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าข้อมูลของไซโนแกรม 3 วิธีการ คือ 1. วิธีการ Li 2. วิธีการ TV และ 3. วิธีการ Hybrid ซึ่งทั้ง 3 วิธีการจะนำข้อมูลขอบเขตของไซโนแกรมโลหะมากำหนดจุดสำหรับการประมาณค่าข้อมูลขึ้นมาใหม่ในข้อมูลภาพไซโนแกรมของเนื้อเยื่อ ส่วนรายละเอียดของแต่ละวิธีการ มีดังนี้

2.1.3.1 วิธีการ Li

จากข้อมูลไซโนแกรมเนื้อเยื่อที่ถูกตัดส่วนของข้อมูลไซโนแกรมโลหะออกไปแล้วจะนำมาประมาณค่าข้อมูลไซโนแกรมส่วนที่ขาดหายไป โดยใช้ข้อมูลขอบเขตของไซโนแกรมโลหะจากข้อ 2.2.2 สำหรับกำหนดพื้นที่ในการประมาณค่าเชิงเส้น จากการคำนวณหาค่าใหม่ ลักษณะค่าข้อมูลภาพจะเป็นเส้นตรงจากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดสิ้นสุดของขอบเขตที่กำหนด ทำเช่นนี้จนสิ้นสุดทุกมุมของไซโนแกรมเนื้อเยื่อ

2.1.3.2 วิธีการ TV

วิธีการนี้จะเหมือนกับวิธีการ Li คือใช้ข้อมูลไซโนแกรมเนื้อเยื่อที่ถูกตัดส่วนของข้อมูลไซโนแกรมโลหะออกไปแล้วมาประมาณค่าข้อมูลไซโนแกรมส่วนที่ขาดหายไปโดยใช้ข้อมูลขอบเขตของไซโนแกรมโลหะ สิ่งที่แตกต่างคือ วิธีการนี้จะคำนวณค่าข้อมูลใหม่โดยการประมาณค่าข้อมูลจากขอบด้านนอกของขอบเขตไซโนแกรมของโลหะเข้ามาเรื่อยๆ ทีละชั้นจนถึงจุดศูนย์กลางของข้อมูล หลังจากนั้นจะทวนซ้ำไปเรื่อยๆ จนได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดแล้วจะหยุดการทำงาน

2.1.3.3 วิธีการ Hybrid

วิธีการนี้จะเป็นการผสมวิธีทั้ง 2 แบบ ข้างต้น ที่กล่าวมา โดยจะทำการคำนวณหาค่าข้อมูลไซโนแกรม เนื้อเยื่อด้วยวิธีการ Li ก่อน หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทำการประมาณค่าโดยใช้วิธีการ TV

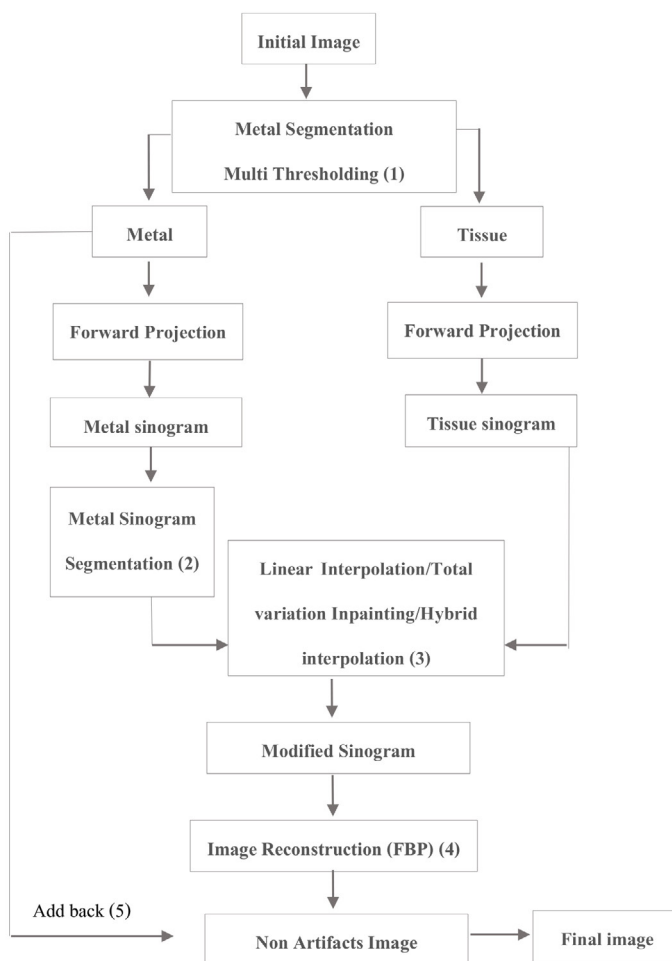
2.1.4 การสร้างภาพใหม่

หลังจากได้ค่าข้อมูลการประมาณค่าข้อมูลทั้ง 3 วิธีการเรียบร้อยแล้ว นำข้อมูลดังกล่าวมาสร้างภาพใหม่ โดยการแปลงจากข้อมูลภาพไซโนแกรมโดเมนกลับไปเป็นภาพโดเมนเชิงตำแหน่ง โดยใช้วิธีการฟิลเตอร์ แบ็ค โปร

เจ็กชัน (filtered back projection) จะได้ภาพที่ลดสิ่งแปลกปลอมโลหะ

2.1.5 การคืนค่าข้อมูลโลหะ

หลังจากการสร้างภาพใหม่เสร็จสิ้นแล้วจะได้ภาพที่ไม่มีสิ่งแปลกปลอมโลหะ เพื่อความสมบูรณ์ของข้อมูลภาพจึงนำข้อมูลเดิมของชิ้นโลหะที่แยกกลุ่มข้อมูลภาพส่วนของโลหะในขั้นตอน 2.1.1 กลับมาคืนใส่ในภาพ ณ ตำแหน่งเดิม กระบวนการประมวลผลภาพทั้งหมดแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึมในการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะ

2.2 การประเมินคุณภาพเชิงปริมาณ

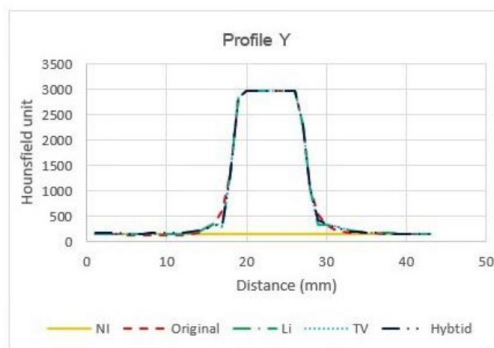
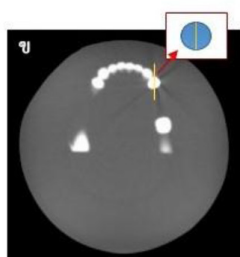
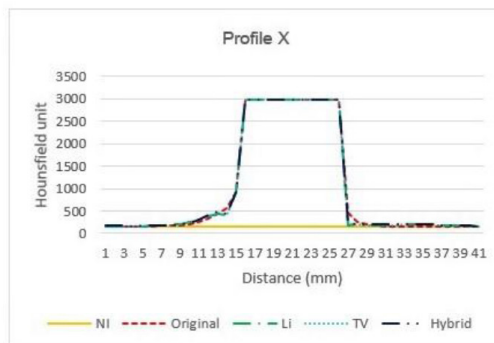
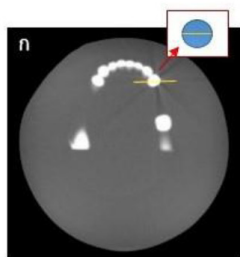
ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์หลังผ่านการประมวลผลด้วยวิธีการทั้ง 3 วิธีการ จะทำการประเมินคุณภาพเชิงปริมาณ เพื่อเปรียบเทียบวิธีการทั้ง 3 โดยประเมินระยะเวลาที่ใช้ในการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะ วัดค่าข้อมูลภาพจากโปรไฟล์ภาพผลลัพธ์ วัดค่าข้อมูลภาพ และรูปร่างของกระดูกโลหะหลังผ่านวิธีการลดสิ่งแปลกปลอม ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.1 การประเมินระยะเวลาที่ใช้ในการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะทั้ง 3 วิธี

ประเมินระยะเวลาตั้งแต่เริ่มต้นกระบวนการประมวลผลจนถึงสิ้นสุดของการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะในแต่ละภาพเปรียบเทียบระหว่างวิธีการแก้ไขภาพทั้ง 3 วิธี

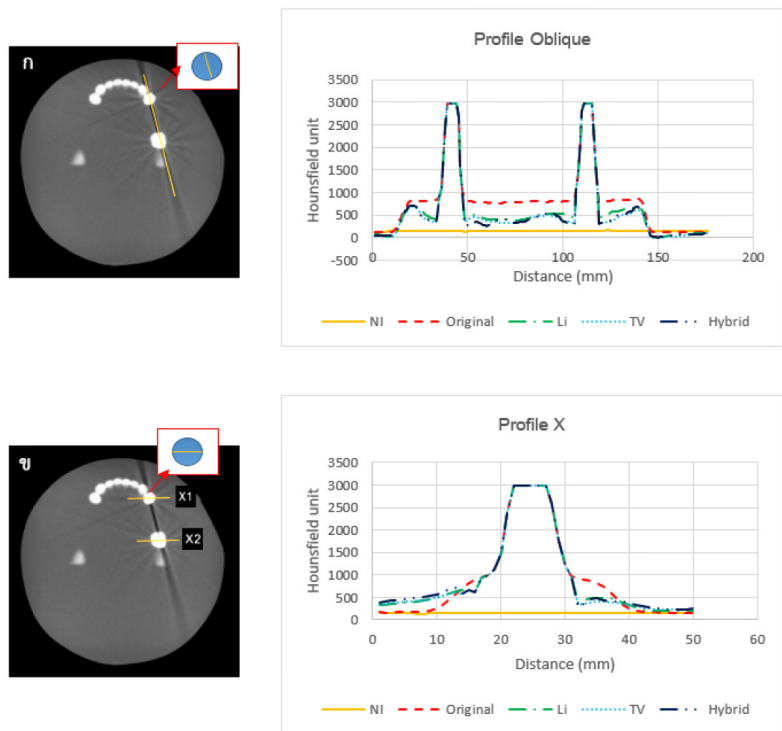
2.2.2 การประเมินคุณภาพของภาพโดยพิจารณาจากข้อมูลจากเส้นโปรไฟล์

ประเมินภาพจากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์เปรียบเทียบระหว่างใช้และไม่ใช้วิธีการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะทั้ง 3 วิธี สร้างกราฟ แกน X เป็นลำดับพิกเซลตามแนววงเส้นโปรไฟล์ และแกน Y เป็นค่าฮาวฟิลด์ยูนิต ดังแสดงในภาพที่ 3 และ 4



ภาพที่ 3 แสดงการวัดโปรไฟล์ใน (ก) แนวนอน และ(ข) แนวตั้ง ของภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์หุ่นจำลองศีรษะและลำคอที่มีกระดูกโลหะจำนวน 1 ชิ้น

หมายเหตุ: NI = Non artifact image, Original = Original image, Li = Linear interpolation, TV = Total variation inpainting, Hybrid = Hybrid interpolation



ภาพที่ 4 แสดงการวัดโปรไฟล์ใน (ก) แนวเอียง และ (ข) แนวนอนของภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์หุ่นจำลองศีรษะและลำคอที่มีสกรูโลหะจำนวน 2 ชิ้น

หมายเหตุ: NI = Non artifact image, Original = Original image, Li = Linear interpolation, TV = Total variation inpainting, Hybrid = Hybrid interpolation

2.2.3 การประเมินคุณภาพของภาพโดยพิจารณาค่าข้อมูลภาพ (ค่าฮาวฟิลด์ยูนิต: hounsfield unit (HU) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน: standard deviation (SD))

การประเมินคุณภาพโดยพิจารณาค่า HU จะทำการเปรียบเทียบผลค่า HU ระหว่างใช้วิธีการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะทั้ง 3 วิธี และภาพที่ไม่ใช้วิธีการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะ โดยการประเมินภาพจะเลือกภาพที่มีจำนวนสกรูโลหะตั้งแต่ 0 (ไม่มีโลหะและไม่มีการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะปรากฏ), 1 และ 2 ชิ้น จากนั้นกำหนดตำแหน่งที่สนใจ (region of interest; ROI) 5 ตำแหน่ง ณ บริเวณบนภาพที่มีสิ่งแปลกปลอมน้อยและรุนแรง (ดังแสดงในภาพที่ 5)

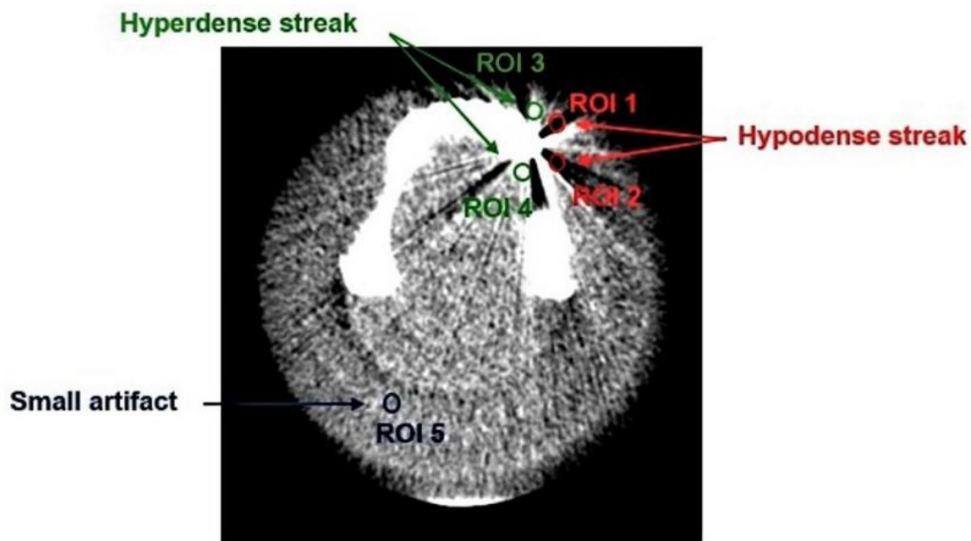
แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่า SD ภายในตำแหน่งที่สนใจ โดยค่าเฉลี่ยของค่า HU สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (1)$$

เมื่อ $\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่า HU บนภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ในบริเวณที่สนใจ

x คือ ค่า HU บนภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ในบริเวณที่สนใจ

n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด



ภาพที่ 5 แสดงการกำหนด ROI บริเวณ Hypodense streak, Hyperdense streak และบริเวณที่มีสิ่งแปลกปลอมเบาบาง (Light streak)

สำหรับการวัดค่า SD ซึ่งแสดงถึงค่าสัญญาณรบกวนของภาพ (Image noise) จะวัดจากตำแหน่งเดียวกันที่เลือกไว้บนภาพ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2

$$SD = \sqrt{\frac{(x-\bar{x})^2}{n-1}} \quad (2)$$

เมื่อ SD คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

x คือ ค่า HU บนภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ในบริเวณที่สนใจ

$\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่า HU บนภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ในบริเวณที่สนใจ

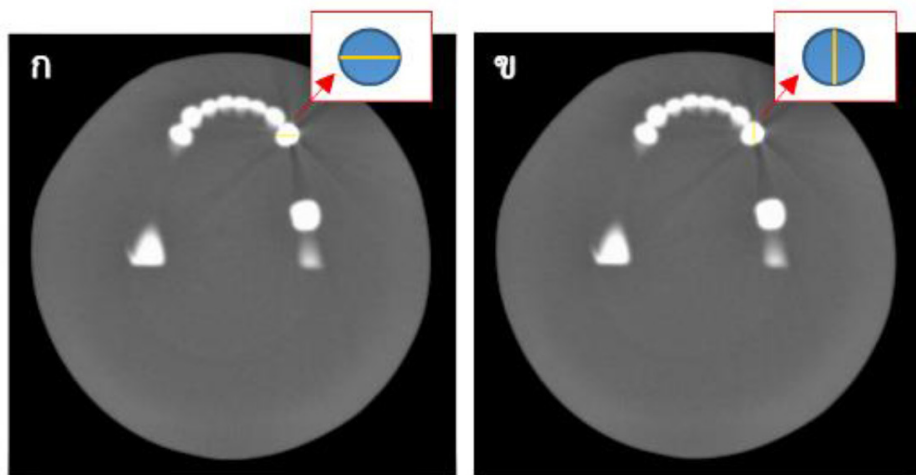
n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

2.2.4 การประเมินคุณภาพของภาพโดยพิจารณาารูปร่างของสกรูโลหะหลังผ่านวิธีการลดสิ่งแปลกปลอมวัดขนาดของสกรูในแนวแกน X และแนวแกน Y เปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังลดสิ่งแปลกปลอม ดังแสดงได้ดังภาพที่ 6

ผลการศึกษา

ผลการประเมินระยะเวลาที่ใช้ในการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะทั้ง 3 วิธี

ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะของภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์หุ่นจำลองศีรษะและลำคอที่มีสกรูจำนวน 1 ชิ้น โดยใช้วิธีการ Li จะใช้เวลาเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 2.50 วินาทีต่อสไลซ์ ตามด้วยวิธีการ Hybrid ใช้เวลาเฉลี่ย 59.93 วินาทีต่อสไลซ์ และวิธีการ TV ใช้เวลาเฉลี่ย 226.88 วินาทีต่อสไลซ์ ตามลำดับ ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 1 สำหรับภาพสไลซ์ที่ 3 4 และ 5 เป็นตำแหน่งที่มีสิ่งแปลกปลอมมากที่สุดทำให้ใช้เวลาประมวลผลมากกว่าภาพสไลซ์อื่น โดยวิธีการ Li ในสไลซ์ที่ 3 ใช้เวลามากกว่าสไลซ์อื่น เนื่องจากมีสิ่งแปลกปลอมกระจายรอบ ๆ ภาพมากที่สุดแต่ไม่ใช้สิ่งแปลกปลอมรุนแรง สำหรับภาพที่ผ่านวิธีการ TV ในสไลซ์ที่ 4 ใช้เวลามากกว่าสไลซ์อื่น เนื่องจากมีสิ่งแปลกปลอมรุนแรงบริเวณรอบ ๆ โลหะมากที่สุด และภาพที่ผ่านวิธีการ Hybrid ในสไลซ์ที่ 5 ใช้เวลามากกว่าสไลซ์อื่น เนื่องจากเริ่มมีตำแหน่งของฟันกรามในภาพทำให้วิธีการ Hybrid ที่ประมวลผลจากวิธีการ Li ตามด้วยวิธีการ TV ใช้เวลาในการประมวลผลมากกว่าสไลซ์อื่น



ภาพที่ 6 (ก) แสดงการวัดขนาดของสกรูโลหะในแนวแกน X และ (ข) แสดงการวัดขนาดสกรูโลหะในแนวแกน Y

ตารางที่ 1 แสดงเวลาของภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์หุ่นจำลองศีรษะและลำคอที่มีจำนวนสกรูโลหะ 1 ชิ้น หลังผ่านวิธีการลดสิ่งแปลกปลอมทั้ง 3 วิธี

สไลซ์ที่	Li (วินาที)	TV (วินาที)	Hybrid (วินาที)
1	2.31	38.24	21.05
2	2.76	205.82	44.83
3	2.91	267.37	27.86
4	2.65	427.03	63.77
5	2.13	261.28	147.02
6	2.25	161.55	55.04
เวลาเฉลี่ย (วินาที)	2.50±0.31	226.88±128.98	59.93±45.59

หมายเหตุ: Li = Linear interpolation, TV = Total variation inpainting, Hybrid = Hybrid interpolation

ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะของภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์หุ่นจำลองศีรษะและลำคอที่มีสกรูจำนวน 2 ชั้น โดยใช้วิธีการ Li จะใช้เวลา น้อยที่สุดคือ 2.28 วินาทีต่อสไลซ์ ตามด้วยวิธีการ Hybrid

ใช้เวลาเฉลี่ย 148.71 วินาทีต่อสไลซ์ และวิธีการ TV ใช้เวลาเฉลี่ย 232.65 วินาทีต่อสไลซ์ ตามลำดับ ดังแสดง ข้อมูลในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงเวลาของภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์หุ่นจำลองศีรษะและลำคอที่มีจำนวนสกรูโลหะ 2 ชั้น หลังผ่านวิธีการลดสิ่งแปลกปลอมทั้ง 3 วิธี

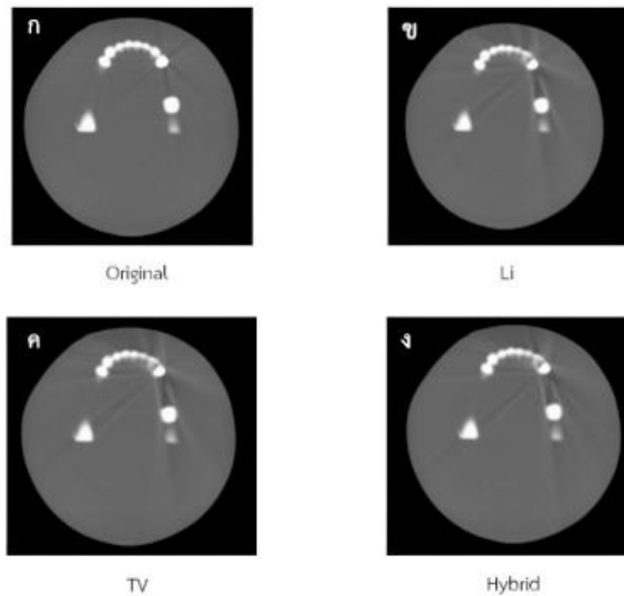
สไลซ์ที่	Li (วินาที)	TV (วินาที)	Hybrid (วินาที)
1	2.28	236.75	156.22
2	2.14	224.48	167.60
3	2.41	236.72	122.31
เวลาเฉลี่ย (วินาที)	2.28±0.14	232.65±7.08	148.71±23.56

หมายเหตุ: Li = Linear interpolation, TV = Total variation inpainting, Hybrid = Hybrid interpolation

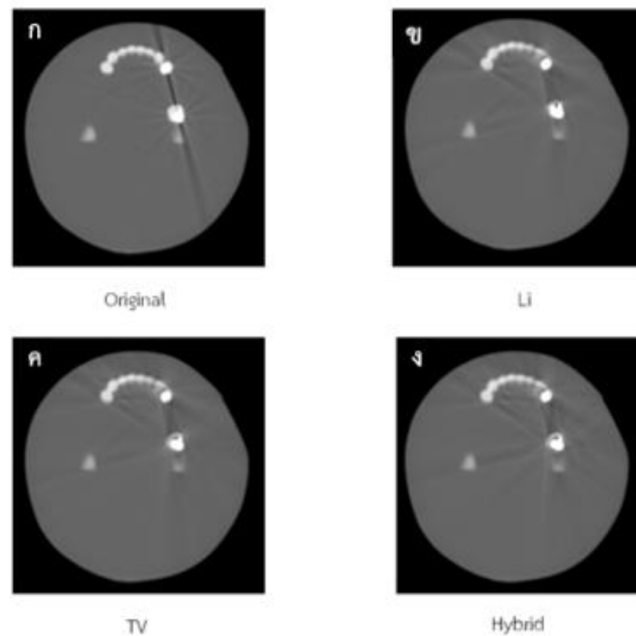
ผลการลดสิ่งแปลกปลอม

ผลการลดสิ่งแปลกปลอมทั้ง 3 วิธีการ ได้แก่ วิธีการ Li วิธีการ TV และวิธีการ Hybrid เปรียบเทียบกันระหว่างภาพก่อนและหลังลดสิ่งแปลกปลอมของภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์หุ่นจำลองศีรษะและลำคอที่มีโลหะจำนวน 1 และ 2 ชั้น แสดงดังภาพที่ 7 และ 8 ตามลำดับ พบว่าภาพหลังลดสิ่งแปลกปลอมโลหะของหุ่นจำลองที่มีสกรู

โลหะจำนวน 1 ชั้น ยังคงพบสิ่งแปลกปลอมโลหะบริเวณสกรูโลหะทั้ง 3 วิธีการลดสิ่งแปลกปลอม สำหรับภาพหลังลดสิ่งแปลกปลอมโลหะของหุ่นจำลองที่มีสกรูโลหะจำนวน 2 ชั้น ด้วยวิธีการทั้ง 3 วิธีการ สามารถลดสิ่งแปลกปลอม รุนแรงรอบ ๆ สกรูโลหะได้ดีในบริเวณสิ่งแปลกปลอมแถบสีดำ แต่ยังพบสิ่งแปลกปลอมใหม่ที่เกิดขึ้นบริเวณรอบ ๆ ภาพหลังการสร้างภาพใหม่



ภาพที่ 7 แสดงภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์หุ่นจำลองที่ใส่สกรูโลหะ 1 ชิ้น (ก) ภาพก่อนผ่านวิธีการลดสิ่งแปลกปลอม (original), (ข) หลังลดสิ่งแปลกปลอมโลหะ (Li), (ค) หลังลดสิ่งแปลกปลอมโลหะ (TV), (ง) หลังลดสิ่งแปลกปลอมโลหะ (hybrid)

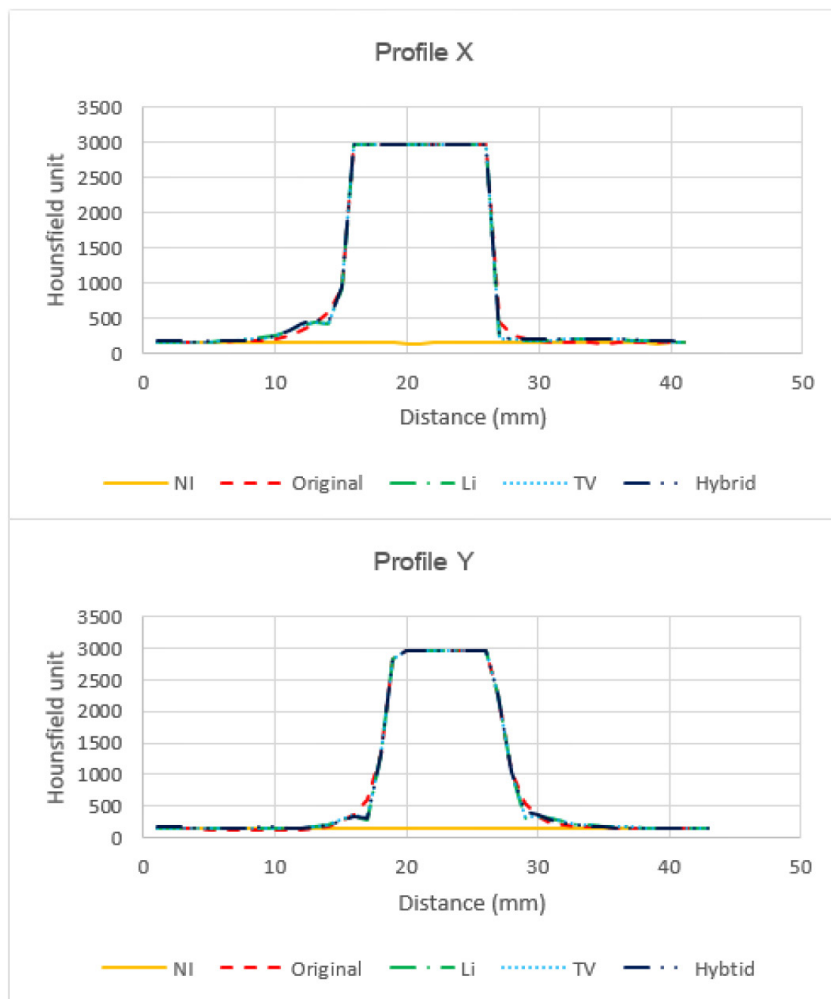


ภาพที่ 8 แสดงภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์หุ่นจำลองที่ใส่สกรูโลหะ 2 ชิ้น (ก) ภาพก่อนผ่านวิธีการลดสิ่งแปลกปลอม (original), (ข) หลังลดสิ่งแปลกปลอมโลหะ (Li), (ค) หลังลดสิ่งแปลกปลอมโลหะ (TV), (ง) หลังลดสิ่งแปลกปลอมโลหะ (hybrid)

ผลการประเมินคุณภาพของภาพโดยพิจารณาเส้นโปรไฟล์

ผลการประเมินคุณภาพของภาพโดยพิจารณาเส้นโปรไฟล์ของภาพที่ไม่มีสิ่งแปลกปลอม ภาพก่อนและหลังลดสิ่งแปลกปลอมโลหะทั้ง 3 วิธีการ ของภาพเอกซเรย์

คอมพิวเตอร์หุ่นจำลองศีรษะและลำคอที่ใส่สกรูโลหะจำนวน 1 ชิ้น พบว่า ทั้ง 3 วิธีการ มีค่าข้อมูลใกล้เคียงกัน ในตำแหน่งของเส้นโปรไฟล์ในแนวนอน (X) และเส้นโปรไฟล์ในแนวตั้ง (Y) ดังแสดงข้อมูลในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 เส้นโปรไฟล์ของภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์หุ่นจำลองศีรษะและลำคอที่ใส่สกรูจำนวน 1 ชิ้น บริเวณที่ลากผ่านสกรูโลหะหลังผ่านวิธีการลดสิ่งแปลกปลอมในแนวนอน (X) และแนวตั้ง (Y) ตามลำดับ

หมายเหตุ: NI=Non artifact image, Original = ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ก่อนผ่านวิธีการลดสิ่งแปลกปลอม, Li = Linear interpolation, TV = Total variation inpainting, Hybrid = Hybrid interpolation

ผลการประเมินคุณภาพของภาพโดยพิจารณาเส้นโปรไฟล์ของภาพที่ไม่มีสิ่งแปลกปลอม ภาพก่อนและหลังลดสิ่งแปลกปลอมโลหะทั้ง 3 วิธีการ ของภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์หุ่นจำลองศีรษะและลำคอที่ใส่สกรูโลหะจำนวน 2 ชั้น พบว่า ทั้ง 3 วิธีการ มีค่าข้อมูลใกล้เคียงกัน

ในตำแหน่ง X1 และ X2 แต่เมื่อพิจารณาแนวเอียงที่ลากผ่านสกรูโลหะทั้ง 2 ชั้น พบว่า วิธีการ TV (เส้นโปรไฟล์สีฟ้า) และวิธีการ Hybrid (เส้นโปรไฟล์สีน้ำเงิน) ให้ค่าที่ใกล้เคียงกับภาพที่ไม่มีสิ่งแปลกปลอมโลหะมากที่สุด ดังแสดงข้อมูลในภาพที่ 10



ภาพที่ 10 เส้นโปรไฟล์ของภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์หุ่นจำลองศีรษะและลำคอที่ใส่สกรูจำนวน 2 ชั้น บริเวณที่ลากผ่านสกรูโลหะหลังผ่านวิธีการลดสิ่งแปลกปลอมในแนวนอนของสกรูที่ 1 (X1) แนวนอน ของสกรูที่ 2 (X2) และแนวเอียงที่ลากผ่านสกรู 2 ชั้น (Oblique) ตามลำดับ

หมายเหตุ: NI=Non artifact image, Original = ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ก่อนผ่านวิธีการลดสิ่งแปลกปลอม, Li = Linear interpolation, TV = Total variation inpainting, Hybrid = Hybrid interpolation

ผลการประเมินคุณภาพของภาพโดยพิจารณาค่าข้อมูลภาพ (ค่า HU และค่า SD)

ผลการประเมินคุณภาพของภาพโดยพิจารณาค่าข้อมูลภาพของหุ่นจำลองที่มีสกรูโลหะจำนวน 1 ชิ้น พบว่า ค่า SD ในทุก ๆ ROI หลังผ่านวิธีการลดสิ่งแปลกปลอมเพิ่มขึ้น สำหรับค่า HU พบว่าทั้ง 3 วิธีการไม่แตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับภาพก่อนผ่านวิธีการลดสิ่งแปลกปลอม พบว่าค่า HU เฉลี่ยของวิธีการ Li เท่ากับ 138.23 (p-value 0.892) ค่าเฉลี่ยของวิธีการ TV เท่ากับ 138.23 (p-value 0.893) และค่าเฉลี่ยของวิธีการ Hybrid เท่ากับ 139.52 (p-value 0.967) ดังแสดงข้อมูลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงค่า HU และค่า SD ของภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์เฉลี่ยที่มีสกรูโลหะจำนวน 1 ชิ้น

ROI	NI		Original		Li		TV		Hybrid	
	HU	SD	HU	SD	HU	SD	HU	SD	HU	SD
1	143.19	6.17	121.20	21.94	123.57	30.60	123.89	30.99	126.76	38.49
2	145.61	5.43	99.92	34.11	112.54	38.23	112.34	37.80	118.04	41.39
3	145.82	4.44	166.59	28.01	158.31	73.95	158.10	73.89	151.44	91.70
4	148.71	4.79	160.37	18.33	145.47	42.77	145.58	42.46	150.21	42.98
5	152.36	4.20	152.32	4.63	151.25	3.33	151.26	3.32	151.15	3.34
ค่าเฉลี่ย HU	147.14		140.08		138.23		138.23		139.52	

หมายเหตุ: NI = Non artifact image, Original = ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ก่อนผ่านวิธีการลดสิ่งแปลกปลอม Li = Linear interpolation, TV = Total variation inpainting, Hybrid = Hybrid interpolation, ROI = Region of interest, SD = Standard deviation, HU = Hounsfield Unit

ผลการประเมินคุณภาพของภาพโดยพิจารณาค่าข้อมูลภาพของหุ่นจำลองที่มีสกรูโลหะจำนวน 2 ชิ้น พบว่า ในตำแหน่ง ROI 1 และ 2 ซึ่งเป็นตำแหน่งของ Hypodense streak มี HU ที่ใกล้เคียงกับเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้น และมีค่า SD ลดลง หลังผ่านวิธีการลดสิ่งแปลกปลอมทั้ง 3 วิธีการ แต่ในตำแหน่ง ROI 3 และ 4 ซึ่งเป็นบริเวณ Hyperdense streak พบว่ามีค่า HU เพิ่มขึ้น เมื่อผ่านวิธีการลดสิ่งแปลกปลอม เช่น ROI 3 ภาพที่ไม่ผ่านวิธีการลดสิ่งแปลกปลอม มีค่าเฉลี่ย HU เท่ากับ 178.40 หลังผ่านวิธีการ Li มีค่าเฉลี่ย HU เท่ากับ 208.00 หลังผ่านวิธีการ TV มีค่าเฉลี่ย HU เท่ากับ 198.60 และหลังผ่านวิธีการ Hybrid มีค่า

เฉลี่ย HU เท่ากับ 186.28 ตำแหน่ง ROI ที่ 5 ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มีสิ่งแปลกปลอมน้อยยังคงให้ผลที่ไม่ต่างกันทั้ง 4 ภาพ ดังแสดงข้อมูลได้ดังตารางที่ 4

ผลการประเมินคุณภาพของภาพโดยพิจารณารูปร่างของสกรูโลหะหลังผ่านวิธีการลดสิ่งแปลกปลอม

วิธีการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะทั้ง 3 วิธีการ ไม่ส่งผลกระทบต่อรูปร่างของสกรูโลหะเมื่อเปรียบเทียบกับภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ก่อนลดสิ่งแปลกปลอมโลหะ ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 5

ตารางที่ 4 แสดงค่า HU และค่า SD ของภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์เฉลิยที่มีสกรูโลหะจำนวน 2 ชิ้น

ROI	NI		Original		Li		TV		Hybrid	
	HU	SD	HU	SD	HU	SD	HU	SD	HU	SD
1	137.15	6.17	76.08	48.68	95.22	19.48	109.11	13.78	109.86	14.81
2	147.93	4.95	68.06	45.73	88.95	24.69	113.00	21.74	133.47	15.27
3	146.76	4.23	178.40	26.80	208.00	28.08	198.60	27.09	186.28	25.01
4	149.20	4.79	155.38	22.97	189.79	39.96	169.58	40.83	159.50	52.03
5	152.20	4.20	146.18	4.36	147.43	3.35	147.41	3.36	147.49	3.39
ค่าเฉลี่ย HU	146.65		124.82		145.88		147.54		147.32	

หมายเหตุ: NI = Non artifact image, Original = ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ก่อนผ่านวิธีการลดสิ่งแปลกปลอม
Li = Linear interpolation, TV = Total variation inpainting, Hybrid = Hybrid interpolation, ROI = Region of interest, SD = Standard deviation, HU = Hounsfield Unit

ตารางที่ 5 แสดงการประเมินรูปร่างสกรูโลหะจากการเปรียบเทียบร้อยละระหว่างภาพหลังผ่านวิธีการลดสิ่งแปลกปลอมโดยวิธีการ Li, TV และ Hybrid ทั้งแนวนอน (X) และแนวตั้ง (Y)

Plane	Li			TV		Hybrid	
	Original* (mm)	After** (mm)	Diff (%)	After** (mm)	Diff (%)	After** (mm)	Diff (%)
X	4.26	4.26	0	4.26	0	4.26	0
Y	3.86	3.86	0	3.86	0	3.86	0

หมายเหตุ: * ระยะในหน่วยมิลลิเมตรของภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ก่อนผ่านวิธีการลดสิ่งแปลกปลอม

** ระยะในหน่วยมิลลิเมตรของภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์หลังผ่านวิธีการลดสิ่งแปลกปลอม

Li = Linear interpolation, TV = Total variation inpainting, Hybrid = Hybrid interpolation, Diff = Difference

บทวิจารณ์

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะในภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์หุ่นจำลองศีรษะและลำคอโดยวิธีการ Hybrid เป็นการพัฒนาอัลกอริทึมในขั้นตอนการประมาณค่าข้อมูลภาพ โดยเริ่มใช้วิธีการ Li แล้วจาก

นั้นนำข้อมูลที่ได้นำมาทำการประมาณค่าโดยใช้วิธีการ TV หลังจากทดสอบนำมาเปรียบเทียบผลกับวิธีการ Li ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้เวลาน้อยในการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะ และวิธีการ TV ซึ่งเป็นวิธีการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะที่ใช้เวลานานแต่มีความสมบูรณ์มากกว่า^[11] จากการศึกษาพบว่า

วิธีการ Hybrid สามารถลดเวลาจากวิธีการ TV ลงได้ประมาณ 4 เท่า (วิธีการ Hybrid ใช้เวลาเฉลี่ยอยู่ที่ 59.93 วินาที วิธีการ TV ใช้เวลาเฉลี่ยอยู่ที่ 226.88 วินาที) ในภาพที่มีสกรูจำนวน 1 ชั้น และลดลงประมาณ 1.5 เท่าในภาพที่มีสกรูจำนวน 2 ชั้น ภาพวิธีการ TV บางสไลซ์ของภาพที่มีสกรูโลหะจำนวน 2 ชั้น ใช้เวลาในการประมวลผลน้อยกว่าภาพที่มีสกรูโลหะจำนวน 1 ชั้น อาจเกิดจากตำแหน่งของสกรูโลหะอยู่ด้านเดียวกัน ทำให้สิ่งแปลกปลอมรุนแรงเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

จากผลการประเมินคุณภาพของภาพโดยพิจารณาเส้นโปรไฟล์ พบว่า วิธีการทั้ง 3 วิธีการ ได้แก่ วิธีการ Li วิธีการ TV และวิธีการ Hybrid สามารถลดสิ่งแปลกปลอมโลหะได้ใกล้เคียงกันในภาพที่มีสกรูโลหะจำนวน 1 ชั้น แต่วิธีการ TV และวิธีการ Hybrid ให้ค่าใกล้เคียงกับภาพที่ไม่มีสิ่งแปลกปลอมมากที่สุด ในภาพที่มีสกรูโลหะจำนวน 2 ชั้น สำหรับค่าข้อมูลของภาพที่มีสกรูโลหะจำนวน 1 ชั้น วิธีการลดสิ่งแปลกปลอมทั้ง 3 วิธีการ ให้ผลของค่า HU ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับภาพก่อนผ่านวิธีการลดสิ่งแปลกปลอมเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Xinhui^[13] สำหรับค่า SD พบว่าเมื่อผ่านวิธีการลดสิ่งแปลกปลอมทั้ง 3 วิธีการ มีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากเกิดสิ่งแปลกปลอมใหม่หลังการประมวลผลอัลกอริทึม ในขณะที่ภาพของหุ่นจำลองที่มีสกรูโลหะจำนวน 2 ชั้น วิธีการลดสิ่งแปลกปลอมทั้ง 3 วิธีการ สามารถลดสิ่งแปลกปลอมรุนแรงได้ชัดเจนแต่พบว่ามีสิ่งแปลกปลอมเกิดขึ้นใหม่บริเวณรอบๆ ภาพ สำหรับตำแหน่ง ROI 3 และ 4 ซึ่งเป็นตำแหน่งของ Hyperdense streak มีค่า HU และ SD เพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดจากสิ่งแปลกปลอมบริเวณดังกล่าวมีความหนาแน่นสูงทำให้ไม่สามารถลดสิ่งแปลกปลอมได้หมด สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ของทองงาม^[9]

การสร้างภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์นิยมใช้วิธีการประมาณค่าข้อมูลภาพด้วยเทคนิค Li ซึ่งจะใช้ค่าข้อมูลระหว่างแนวเส้นโลหะของไซโนแกรมภาพเอกซเรย์

คอมพิวเตอร์ โดยประมาณค่าข้อมูลในแต่ละมุมแล้วนำไปสร้างภาพใหม่เพื่อลดสิ่งแปลกปลอมโลหะลง แต่วิธีการดังกล่าวมักจะเกิดสิ่งแปลกปลอมขึ้นมาใหม่^[14,15] สำหรับวิธีการ TV เป็นวิธีการประมาณค่าแบบทำซ้ำเรื่อยๆ จนได้ข้อมูลที่สมบูรณ์จึงทำให้มีความเรียบมากกว่าแต่ใช้เวลาประมวลผลนาน งานวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการ Hybrid เป็นเทคนิคการผสมกันระหว่างวิธีการ Li และวิธีการ TV ซึ่งวิธีการ Hybrid ให้ประสิทธิภาพใกล้เคียงกับ TV แต่สามารถลดเวลาในการประมวลผลลงได้ แต่ยังคงเกิดสิ่งแปลกปลอมขึ้นมาใหม่ โดยปรากฏเส้นแถบบริเวณขอบภาพซึ่งเกิดจากการตัดแยกข้อมูลภาพของโลหะที่ไม่สมบูรณ์ และเมื่อทำการสร้างภาพใหม่ด้วยการหมุนของโปรเจกชันในแต่ละมุมพบว่าโปรเจกชันเดิมข้อมูลภาพที่เป็นโลหะหรือบริเวณที่มีความหนาแน่นสูง ๆ จะส่งผลให้เกิดสิ่งแปลกปลอมใหม่จำนวนมากขึ้น ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับการทำงานของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์เมื่อตกกระทบกับอวัยวะหรือบริเวณที่มีความหนาแน่นสูง ๆ ส่งผลให้เกิดการกระเจิง โปรเจกชันบริเวณดังกล่าวจึงมีค่าสูงมากกว่าปกติเมื่อทำการสร้างภาพใหม่ด้วยวิธีการ Filter back projection โดยขั้นตอนต่อไปของงานวิจัย ผู้วิจัยจะปรับปรุงคุณภาพของภาพให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและลดระยะเวลาในการคำนวณลง

ข้อสรุป

การวิจัยครั้งนี้ได้พัฒนาวิธีการ Hybrid เพื่อลดสิ่งแปลกปลอมในภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์หุ่นจำลองศีรษะและลำคอ ผลที่ได้จากวิธีการ Hybrid สามารถลดสิ่งแปลกปลอมได้มีประสิทธิภาพกว่าวิธีการ Li ในภาพที่มีโลหะจำนวน 2 ชั้น และให้ค่าข้อมูลของภาพใกล้เคียงกับวิธีการ TV นอกจากนั้นวิธีการ Hybrid สามารถลดเวลาในการประมวลผลได้ อย่างไรก็ตามเมื่อมีโลหะเพียงแค่ชั้นเดียวผลที่ได้ของทั้ง 3 วิธีการให้ผลไม่ต่างกัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ งานรังสีรักษา โรงพยาบาลจุฬารัตน์ สำหรับการเอื้ออำนวยในการเก็บข้อมูล ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ผู้ป่วยซึ่งใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ขอขอบคุณ Mr. Kevin Mark Roebel อาจารย์ประจำกอง

พัฒนาภาษาและกิจการต่างประเทศ ที่สละเวลาตรวจสอบ ภาษาอังกฤษในบทความนี้ และขอบคุณคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร สำหรับสถานที่ในการวิเคราะห์ข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

- 1 คณะกรรมการจัดทำแผนการป้องกันและควบคุมโรคมะเร็งแห่งชาติ. กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข, แผนการป้องกันและควบคุมโรคมะเร็งแห่งชาติ. พ.ศ. 2556-2560. กรุงเทพฯ: สถาบันมะเร็งแห่งชาติ; 2556.
- 2 Head and Neck cancers [cited Dec 1,2017]. Available from: <http://www.chulacancer.net/education-inner.php?id=382>
- 3 เอกซเรย์คอมพิวเตอร์ [cited Dec 5,2017] Available from: <http://www.si.mahidol.ac.th/th/department/radiology/diagRadiology/knowCT.html>
- 4 Edward F. B. and Dominik F. CT artifacts: Causes and reduction techniques. Imaging Med. 2012; 4, 229-240.
- 5 CT artefacts [cited Nov 30,2019]. Available from: <https://www.radiologycafe.com/radiology-trainees/frcr-physics-notes/ct-artefacts>
- 6 มะเร็งศีรษะและลำคอ [สืบค้นเมื่อวันที่ 1 ธ.ค. 2560]. Available from: : <https://www.si.mahidol.ac.th/th/healthdetail.asp?aid=695>
- 7 H. Xue, L. Zhang, Y. Xiao, Z. Chen, Y. Xing, Metal artifact reduction in dual energy CT by sinogram segmentation based on active contour model and TV inpainting, 2009 IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record (NSS/MIC), Orlando, FL, 2009:904-908.
- 8 Kentaro M, Shinchiro M, Azusa H, Kensuke N, Masashi K. Single-energy metal artefact reduction with CT for carbon-ion radiation therapy treatment planning. Br J Radiol. 2016;89:20150988
- 9 Tongngarm W, Kaewlek T, Khamfongkhrua C, Udee N. Clinical application of K-means clustering algorithm for metal artifact reduction in computed tomography simulation images for intracavitary brachytherapy. Songkla Med J. 2016;34:119-129.
- 10 Wouter JH V, Raoul M S J, Aart J van der M, Jacob G. Development and validation of segmentation and interpolation techniques in sinograms for metal artifact suppression in CT. Med Phys. 2010;37: 620-8.
- 11 กาญจนา พุทธิบุรี และจิตติพงศ์ แก้วเหล็ก. การประเมินการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะโดยการประยุกต์ใช้โทโล วารีเอชัน อินเพนทิง สำหรับการจำลองการรักษาส่วนศีรษะและลำคอ. วิจัยและนวัตกรรม ขับเคลื่อนเศรษฐกิจและสังคม. 2560; 501-510.

- 12 ภิเชก รุ่งโรจน์ชัยพร. กลีเซอรอล : การใช้ประโยชน์เพื่อการผลิตแก๊สไฮโดรเจน. วารสารวิทยาศาสตร์ ลาดกระบัง 2557; 23:140-159.
- 13 Xinhui D, Li Z, Yongshun X, Jianping C, Zhiqiang C, Yuxiang X. Metal artifact reduction in CT images by sinogram TV inpainting. 2008 IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record. Dresden, Germany, 2008: 4175-4177.
- 14 Meyer E, Raupach R, Lell M, Schmidt B, Kachelriess M. Normalized metal artifact reduction (NMAR) in computed tomography. Med phys. 2010;37: 5482-5493.
- 15 Bar E, Schwahofer A, Kuchenbecker S, Haring P. Improving radiotherapy planning in patients with metallic implants using the iterative metal artifact reduction (iMAR) algorithm. Biomed Phys Eng Express. 2015; 1, 1-12.