

การเปรียบเทียบการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะระหว่าง เครื่องมือ Gemstone Spectral Imaging และโปรแกรม NUMAR บนภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์กระดูกสันหลัง ส่วนเอว

ฐิติพงศ์ แก้วเหล็ก

The Comparison of Metal Artifacts Reduction between the Commercial Tool Gemstone Spectral Imaging and NUMAR Program on Lumbar Spine Computed Tomography Images.

Titipong Kaewlek

Department of Radiological Technology, Faculty of Allied Health Sciences,

Naresuan University, Muang, Phitsanulok, 65000, Thailand.

E-mail: titipongk@nu.ac.th

Songkla Med J 2015;33(4):177-185

บทคัดย่อ:

วัตถุประสงค์: วัตถุประสงค์ในการศึกษานี้เพื่อเปรียบเทียบผลการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะในภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์กระดูกสันหลังส่วนเอวด้วยเครื่องมือ Gemstone Spectral Imaging (GSI) กับโปรแกรม NUMAR **วัสดุและวิธีการ:** ทำการทดสอบการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะบนภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์กระดูกสันหลังส่วนเอวที่มีโลหะแท่งเหล็กยึดสกรู สกรูบางส่วน และสกรูเต็มตัว โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดสิ่งแปลกปลอมด้วยเครื่องมือ GSI ของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ ยี่ห้อ GE รุ่น LightSpeed VCT กับโปรแกรม NUMAR โดยการวัดค่าสิ่งรบกวน และคำนวณร้อยละการลดลงของค่าสิ่งรบกวน บนภาพต้นฉบับ ภาพที่ลดสิ่งแปลกปลอมโดยใช้เครื่องมือ GSI และโปรแกรม NUMAR แล้วทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยร้อยละการลดลงของค่าสิ่งรบกวนที่ใช้เครื่องมือ GSI กับโปรแกรม NUMAR

ภาควิชารังสีเทคนิค คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

รับต้นฉบับวันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2558 รับลงตีพิมพ์วันที่ 31 พฤษภาคม 2558

ผลการศึกษา: โปรแกรม NUMAR สามารถลดสิ่งรบกวนได้ดีกว่าการใช้เครื่องมือ GSI ค่าเฉลี่ยของสิ่งรบกวนจากโปรแกรม NUMAR เท่ากับ 54.17 ± 17.26 และ 64.12 ± 30.69 HU และร้อยละการลดลงของสิ่งรบกวนเท่ากับ ร้อยละ 40.28 ± 20.89 และ 61.38 ± 12.29 บนภาพที่มีโลหะแท่งเหล็กยึดสกรู และสกรูบางส่วน ตามลำดับ ส่วนค่าเฉลี่ยของสิ่งรบกวน และร้อยละการลดลงของสิ่งรบกวนบนภาพสกรูเต็มตัว มีค่าใกล้เคียงกัน และพบว่ามี ความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยของร้อยละการลดลงของค่าสิ่งรบกวนระหว่างโปรแกรม NUMAR กับ GSI ของภาพสกรูบางส่วน ($p=0.007$) แต่บนภาพที่มีโลหะแท่งเหล็กยึดสกรู และสกรูเต็มตัว ไม่แตกต่างกัน ($p=0.176$ และ $p=0.884$)

สรุป: โปรแกรม NUMAR สามารถช่วยลดสิ่งแปลกปลอมโลหะได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งในภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่มีโลหะแท่งเหล็กยึดสกรู สกรูบางส่วน และสกรูเต็มตัว และมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับเครื่องมือลดสิ่งแปลกปลอมโลหะ GSI

คำสำคัญ: กระดูกสันหลังส่วนเอว, โปรแกรม NUMAR, สิ่งแปลกปลอมโลหะ, เอกซเรย์คอมพิวเตอร์, Gemstone Spectral Imaging (GSI)

Abstract:

Objective: This study aimed to compare the performance of metal artifacts reduction on lumbar spine computed tomography (CT) Images between the commercial tool Gemstone Spectral Imaging (GSI) versus the NUMAR Program.

Material and Method: The efficiency of metal artifacts reduction on lumbar spine CT images using the GSI of GE LightSpeed VCT and the NUMAR Program was compared. The lumbar spine CT images with rod, partial pedicle screw, and full pedicle screw were examined. We have evaluated the outcome of noise level obtained from original images compared with the GSI and NUMAR processing. The percentage reduction of noise was measured, and the mean difference of noise using the GSI and the NUMAR program was also determined.

Results: Noise was reduced in the images using NUMAR Program greater than the use of GSI. The mean of noise of NUMAR were 54.17 ± 17.26 and 64.12 ± 30.69 HU, while the percentage noise reduction were 40.28 ± 20.89 and 61.38 ± 12.29 % for rod and partial pedicle screw images respectively. The mean and percentage reduction of noise of full pedicle images were slightly different. The percentage noise reduction of NUMAR was significantly different in the partial pedicle screw images obtained from GSI ($p=0.007$), but there was no significant difference in rod and full pedicle screw images ($p=0.176$ and $p=0.884$, respectively).

Conclusion: Metal artifacts reduced effectively in rod, partial pedicle screw, and full pedicle screw images using the NUMAR Program. The efficiency of NUMAR Program is similar to commercial GSI tool.

Keywords: Computed Tomography, Gemstone Spectral Imaging (GSI), Lumbar Spine, Metal Artifacts, NUMAR Program

บทนำ

เอกซเรย์คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือการถ่ายภาพทางการแพทย์ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจวินิจฉัย การวางแผนการรักษาผู้ป่วย ให้มีความถูกต้องแม่นยำ แต่ในกรณีของผู้ป่วยที่มีการใส่อุปกรณ์โลหะในร่างกาย เช่น เหล็กจัดฟัน รากฟันเทียม ข้อสะโพกเทียม รวมทั้งสกรูในการยึดกระดูกสันหลัง เมื่อให้รังสีเอกซ์ผ่านบริเวณโลหะ จะทำให้เกิดสิ่งแปลกปลอมที่มีลักษณะเส้นสีขาว (streak artifacts) และเส้นแถบสีดำที่เกิดจาก beam hardening สิ่งแปลกปลอมดังกล่าวจะบดบังอวัยวะที่สำคัญต่อการตรวจวินิจฉัย การติดตามอาการ การวางแผนการรักษาผู้ป่วย ซึ่งทำให้เกิดความผิดพลาดได้¹⁻⁷

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาอัลกอริทึม (algorithm) สำหรับการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะ และนำมาใช้ในเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์รุ่นใหม่ ๆ เช่น เครื่องมือ Gemstone Spectral Imaging (GSI) ของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ยี่ห้อ GE แต่การติดตั้งเครื่องมือนี้เพื่อใช้งานจะต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมที่มีราคาสูง อีกทั้งโรงพยาบาลในภูมิภาคยังคงใช้เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์รุ่นเก่าซึ่งไม่สามารถใช้เครื่องมือเหล่านี้ได้

จากเหตุผลดังกล่าว วิดีตพงศ์ แก้วเหล็ก และคณะ⁸ ได้พัฒนาอัลกอริทึมที่ใช้ในการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะ และพัฒนาโปรแกรม NUMAR ที่สามารถใช้งานกับภาพในลักษณะไฟล์นามสกุล DICOM ของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์

จากงานวิจัยดังกล่าวทางผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญในการนำโปรแกรมดังกล่าวมาทดสอบประสิทธิภาพเปรียบเทียบกับเครื่องมือที่มีใช้งานในเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ เพื่อวิเคราะห์ข้อได้เปรียบข้อบกพร่องของโปรแกรม NUMAR ก่อนที่จะนำไปใช้ลดสิ่งแปลกปลอมโลหะในภาพผู้ป่วยจริง

การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยมีความประสงค์ที่จะทดสอบโปรแกรม NUMAR กับภาพสิ่งแปลกปลอมโลหะในการถ่ายภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์กระดูกสันหลังส่วนเอวที่มีการใส่โลหะสกรู เพื่อให้ได้ภาพเอกซเรย์

คอมพิวเตอร์ที่ช่วยให้แพทย์สามารถตรวจวินิจฉัยได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ และนำโปรแกรมไปใช้ได้กว้างขวางต่อไป

วัสดุและวิธีการ

วัสดุและอุปกรณ์

1. ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์กระดูกสันหลังส่วนเอวจากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ยี่ห้อ GE รุ่น LightSpeed VCT: 64-slice โดยตั้งค่าโปรโตคอลด้วยความต่างศักย์หลอด 120 กิโลโวลท์ กระแสหลอด 320 มิลลิแอมป์ ความหนาสไลด์ 0.625 มิลลิเมตร และค่าอัตราพิทช์ (pitch ratio) 0.984:1 ภาพแบ่งออกเป็นภาพที่มีโลหะแท่งเหล็กยึดสกรู (rod) สกรูบางส่วน (partial pedicle screw) และสกรูเต็มตัว (full pedicle screw) จำนวนกลุ่มละ 5 ภาพ

2. เครื่องมือลดสิ่งแปลกปลอมโลหะ GSI ของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ยี่ห้อ GE รุ่น LightSpeed VCT โดยภาพจากเครื่องมือ GSI เป็นภาพที่ได้จากข้อมูลการถ่ายภาพผู้ป่วยคนเดียวกันกับที่ได้ระบุรายละเอียดไว้ในข้อ 1

3. โปรแกรม NUMAR ซึ่งพัฒนาขึ้นจากอัลกอริทึมของวีดีตพงศ์ แก้วเหล็ก และคณะ⁸ ที่ใช้หลักการการปรับข้อมูลไซโนแกรมให้สมบูรณ์ (sinogram completion)^{9,10} โดยอัลกอริทึมของโปรแกรม NUMAR เริ่มการทำงานจากการนำข้อมูลไฟล์ภาพ (DICOM filename) เข้าสู่โปรแกรม แล้วแบ่งข้อมูลภาพเป็นสองส่วน คือ โลหะ และส่วนของเนื้อเยื่ออื่นๆ ข้อมูลภาพทั้งสองส่วนจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปแบบไซโนแกรม ซึ่งเป็นข้อมูลโปรเจกชัน (data projection) ของทุกมุมที่เอกซเรย์หมุนผ่านตัวผู้ป่วย และนำข้อมูลไซโนแกรมของโลหะมาหาขอบเขตที่เหมาะสมเพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการประมาณค่าข้อมูลใหม่ ในข้อมูลของไซโนแกรมของเนื้อเยื่ออื่นๆ เมื่อได้ข้อมูลที่ประมาณค่าที่สมบูรณ์แล้ว ข้อมูลนั้นจะนำมาสร้างภาพใหม่ และนำข้อมูลโลหะที่แบ่งไว้ตอนต้นใส่กลับคืน เพื่อให้ได้ภาพที่เสร็จสมบูรณ์

วิธีการศึกษา

1. วัดประเมินค่าสิ่งรบกวน (noise)

ทำการวัดค่าสิ่งรบกวน (noise) โดยการวางพื้นที่ที่สนใจ (region of interest; ROI) รูปทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 50 มิลลิเมตร บริเวณอวัยวะที่มีเส้นสิ่งแปลกปลอมโลหะวิ่งผ่าน จะวัดค่าสิ่งรบกวนในภาพก่อนลดสิ่งแปลกปลอม ภาพที่ลดสิ่งแปลกปลอมด้วยเครื่องมือ GSI และภาพที่ลดจากการใช้โปรแกรม NUMAR ณ ตำแหน่งเดียวกัน (รูปที่ 1 A, B และ C ตามลำดับ) แล้วคำนวณหาร้อยละการลดลงของค่าสิ่งรบกวน¹¹ ของภาพที่ลดสิ่งแปลกปลอมโลหะด้วยเครื่องมือ GSI และโปรแกรม NUMAR โดยใช้สูตรคำนวณตามสมการ (1) ดังนี้

$$\text{ร้อยละการลดลงของค่าสิ่งรบกวน} = \frac{(\text{สิ่งรบกวน}_M - \text{สิ่งรบกวน}_R)}{\text{สิ่งรบกวน}_R} \times 100 \quad (1)$$

โดย

สิ่งรบกวน_M คือ ค่าสิ่งรบกวนจากภาพที่ประมวลผลด้วยเครื่องมือ GSI หรือโปรแกรม NUMAR

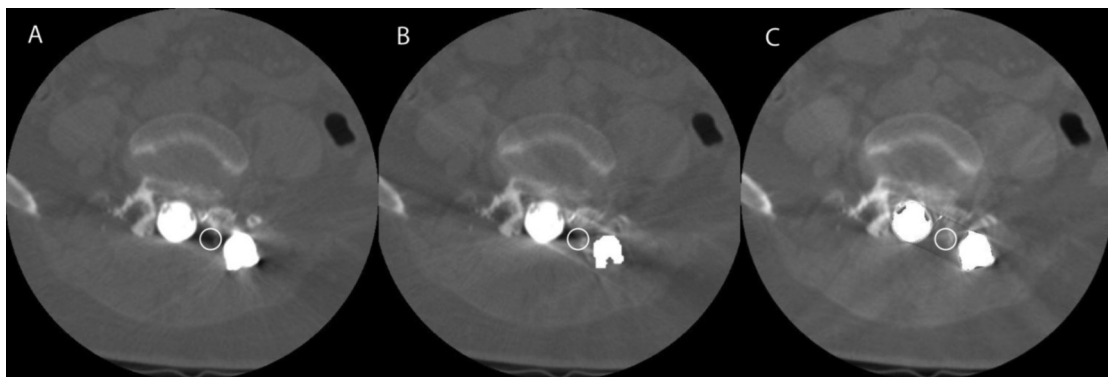
สิ่งรบกวน_R คือ ค่าสิ่งรบกวนจากภาพที่ได้จากข้อมูลภาพต้นฉบับ

2. วิเคราะห์ทางสถิติ

ประเมินความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยร้อยละการลดลงของค่าสิ่งรบกวนของภาพที่ลดสิ่งแปลกปลอมโลหะด้วยเครื่องมือ GSI และโปรแกรม NUMAR โดยใช้ independent samples t-test ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการศึกษา

ผลการวัดค่าสิ่งรบกวน พบว่าค่าจากการใช้เครื่องมือ GSI และโปรแกรม NUMAR มีค่าลดลงจากภาพต้นฉบับ ผลการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะด้วยโปรแกรม NUMAR จะมีค่าสิ่งรบกวนลดลงมากกว่าเครื่องมือ GSI โดยมีค่าเฉลี่ยจากการใช้เครื่องมือ GSI เท่ากับ 79.02 ± 40.74 และ 198.86 ± 186.33 HU ส่วนโปรแกรม NUMAR มีค่า 54.17 ± 17.26 และ 64.12 ± 30.69 HU ในกลุ่มของภาพที่มีโลหะแท่งเหล็กยึดสกรู (rod) และสกรูบางส่วน (partial pedicle screw) ตามลำดับ ส่วนภาพที่มีโลหะสกรูเต็มตัว ค่าเฉลี่ยของทั้งสองเครื่องมือมีค่าใกล้เคียงกัน และผลการคำนวณร้อยละการลดลงของค่าสิ่งรบกวนให้ผลไปแนวทางเดียว คือ ค่าร้อยละการลดลงของค่าสิ่งรบกวน กลุ่มของภาพที่มีโลหะแท่งเหล็กยึดสกรูและสกรูบางส่วน เมื่อใช้โปรแกรม NUMAR จะสามารถลดสิ่งรบกวนได้ร้อยละ -40.28 ± 20.89 และ -61.38 ± 12.29



รูปที่ 1 แสดงรูปการวางตำแหน่งพื้นที่ ROI รูปทรงกลม (สีขาว) เพื่อวัดค่าสิ่งรบกวนใน (A) ภาพต้นฉบับ (B) ภาพลดสิ่งแปลกปลอมโดยเครื่องมือ GSI และ (C) ภาพลดสิ่งแปลกปลอมโดยโปรแกรม NUMAR

ขณะที่ผลจากการใช้เครื่องมือ GSI ลดลงร้อยละ -14.93 ± 31.91 และ -15.90 ± 25.10 ตามลำดับ ส่วนกลุ่มภาพที่มีสกรูแบบเต็มตัว ผลร้อยละการลดลงของสิ่งรบกวนจากการใช้โปรแกรม NUMAR กับเครื่องมือ GSI มีค่าใกล้เคียงกัน ดังแสดงในตารางที่ 1 และจากการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยร้อยละการลดลงของสิ่งรบกวน

ระหว่างการใช้เครื่องมือ GSI และโปรแกรม NUMAR พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ $p=0.007$ ในกลุ่มภาพสกรูบางส่วน แต่ในกลุ่มภาพที่มีโลหะแท่งเหล็กยึดสกรู และสกรูเต็มตัว ผลการทดสอบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ $p=0.176$ และ $p=0.884$ ตามลำดับ

ตารางที่ 1 แสดงค่าสิ่งรบกวนจากภาพต้นฉบับ ภาพที่ลดสิ่งแปลกปลอมโลหะด้วยเครื่องมือ GSI และ NUMAR ร้อยละการลดลงของสิ่งรบกวนของ GSI และ NUMAR (หน่วยของค่าสิ่งรบกวนมีหน่วยเป็น Hounsfield unit: HU)

ภาพ	ค่าสิ่งรบกวน ภาพต้นฉบับ	ค่าสิ่งรบกวน GSI	ค่าสิ่งรบกวน NUMAR	ร้อยละ การลดลง สิ่งรบกวนของ GSI	ร้อยละ การลดลง สิ่งรบกวนของ NUMAR	P-value
แท่งเหล็กยึดสกรู	59.98	76.63	55.71	+27.76	-7.12	
	62.89	62.10	33.23	-1.26	-47.17	
	60.87	44.20	40.25	-27.39	-33.87	
	152.90	63.25	71.68	-58.63	-53.12	
	175.49	148.92	69.98	-15.14	-60.12	
ค่าเฉลี่ย	102.42±59.95	79.02±40.74	54.17±17.26	-14.93±31.91	-40.28±20.89	p=0.176
สกรูบางส่วน	73.44	37.71	38.65	-48.65	-47.38	
	97.38	64.26	46.49	-34.02	-52.26	
	99.81	88.26	40.52	-11.57	-59.40	
	386.23	403.15	93.98	+4.38	-75.67	
	363.29	400.91	100.99	10.36	-72.20	
ค่าเฉลี่ย	204.03±156.40	198.86±186.33	64.12±30.69	-15.90±25.10	-61.38±12.29	p=0.007*
สกรูเต็มตัว	228.20	233.03	149.15	+2.11	-34.64	
	261.21	125.45	174.19	-51.98	-33.31	
	139.69	141.08	107.49	+1.00	-23.05	
	285.77	101.75	152.61	-64.40	-46.60	
	157.47	105.75	127.08	-32.85	-19.30	
ค่าเฉลี่ย	214.47±63.83	141.41±50.60	142.11±25.56	-29.22±30.26	-31.38±10.74	p=0.884

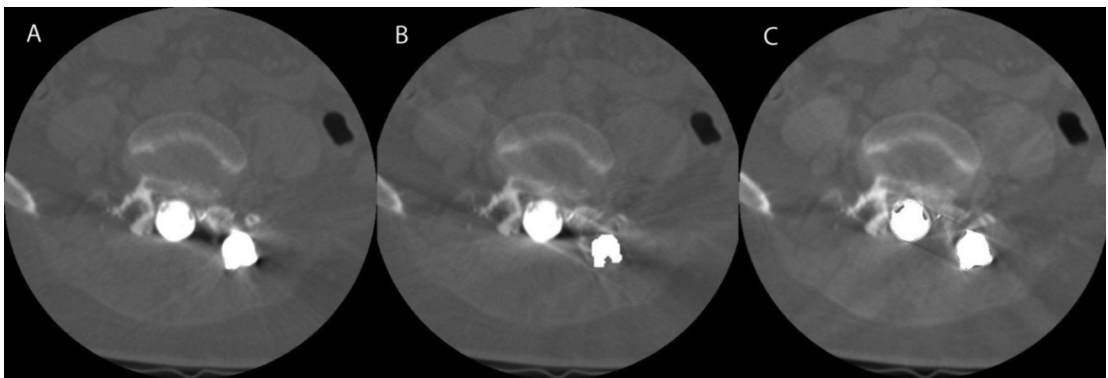
*p<0.05

จาก (รูปที่ 2) ผลการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะ ภาพที่มีแท่งเหล็กยึดสกรู (B) ด้วยเครื่องมือ GSI มีค่า สิ่งรบกวนเท่ากับ 76.63 HU มีร้อยละการลดลงของ สิ่งรบกวนเท่ากับ +27.76 (C) ผลการลดสิ่งแปลกปลอม ด้วยโปรแกรม NUMAR มีค่าสิ่งรบกวนเท่ากับ 55.71 HU มีร้อยละการลดลงของสิ่งรบกวนเท่ากับ -7.12 (รูปที่ 3) แสดงผลการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะสกรูบางส่วน (B) ด้วยเครื่องมือ GSI มีค่าสิ่งรบกวนเท่ากับ 403.15 HU

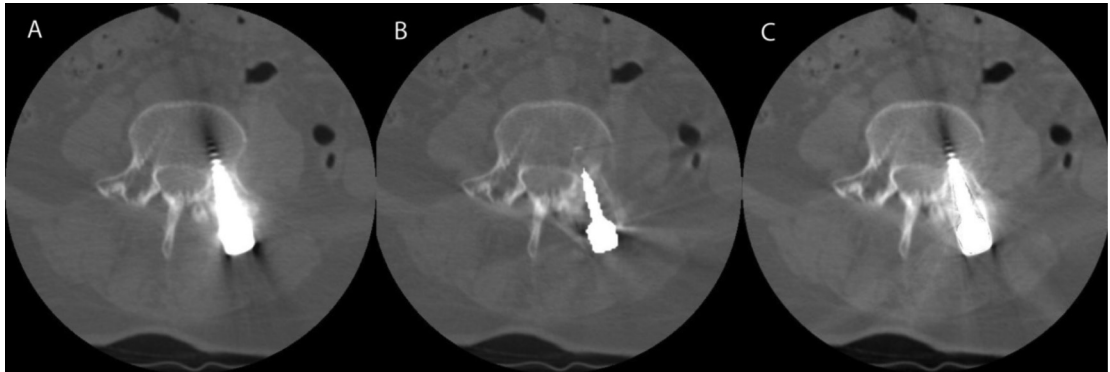
มีร้อยละการลดลงของสิ่งรบกวนเท่ากับ +4.38 (C) ผลการลดสิ่งแปลกปลอมด้วยโปรแกรม NUMAR มีค่า สิ่งรบกวนเท่ากับ 93.98 HU มีร้อยละการลดลงของ สิ่งรบกวนเท่ากับ -75.67 และ (รูปที่ 4) แสดงผลการลด สิ่งแปลกปลอมโลหะสกรูเต็มตัว (B) ด้วยเครื่องมือ GSI มีค่าสิ่งรบกวนเท่ากับ 233.03 HU มีร้อยละการลดลงของ สิ่งรบกวนเท่ากับ +2.11 (C) ผลการลดสิ่งแปลกปลอม ด้วยโปรแกรม NUMAR มีค่าสิ่งรบกวนเท่ากับ 149.15 HU มีร้อยละการลดลงของสิ่งรบกวนเท่ากับ -34.64



รูปที่ 2 แสดงรูปสิ่งแปลกปลอมจากแท่งเหล็กยึดสกรู ของ (A) ภาพก่อนลดสิ่งแปลกปลอม (B) ภาพลดสิ่งแปลกปลอม โดยเครื่องมือ GSI และ (C) ภาพลดสิ่งแปลกปลอมโดยโปรแกรม NUMAR (window width 3,000, level 200)



รูปที่ 3 แสดงรูปสิ่งแปลกปลอมจากสกรูบางส่วน (A) ภาพก่อนลดสิ่งแปลกปลอม (B) ภาพลดสิ่งแปลกปลอมโดย เครื่องมือ GSI และ (C) ภาพลดสิ่งแปลกปลอมโดยโปรแกรม NUMAR (window width 3,000, level 200)



รูปที่ 4 แสดงรูปสิ่งแปลกปลอมจากสกรูเต็มตัว (A) ภาพก่อนลดสิ่งแปลกปลอม (B) ภาพลดสิ่งแปลกปลอมโดย
เครื่องมือ GSI และ (C) ภาพลดสิ่งแปลกปลอมโดยโปรแกรม NUMAR (window width 3,000, level 200)

วิจารณ์

การศึกษาครั้งนี้เป็นการเปรียบเทียบผลการลด
สิ่งแปลกปลอมโลหะของโปรแกรม NUMAR กับเครื่องมือ
ลดสิ่งแปลกปลอมโลหะ Gemstone spectral imaging
(GSI) ของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ GE รุ่น Light-
Speed VCT โดยโปรแกรม NUMAR พัฒนาด้วยอัลกอริทึม
ของรีดิงค์ แก้วเหล็ก และคณะ⁹ ที่ใช้หลักการ Sinogram
Completion^{9,10} การทดสอบภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์
กระดูกสันหลังส่วนเอวที่มีแท่งเหล็กยึดสกรู และสกรู
แบบบางส่วน จากการศึกษาครั้งนี้โปรแกรม NUMAR
สามารถลดสิ่งรบกวนได้ดีกว่าเครื่องมือ GSI ส่วนภาพที่มี
โลหะสกรูแบบเต็มตัว โปรแกรมทั้งสองมีประสิทธิภาพ
ในการลดที่ใกล้เคียงกัน และจากข้อมูลภาพทางผู้วิจัย
มีข้อสังเกตว่า รูปร่างของโลหะจากการใช้เครื่องมือ GSI
มีขนาดเล็กลง หรือผิดเพี้ยนจากขนาดเดิมในภาพต้นฉบับ
แต่ผลของโปรแกรม NUMAR จะมีขนาดใกล้เคียงขนาด
เดิม

สำหรับการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะที่จะช่วยให้แพทย์
สามารถวินิจฉัย และวางแผนการรักษาได้อย่างถูกต้องนั้น
นอกจากวิธีการลดด้วยการใช้เครื่องมือที่ติดมากับเครื่อง
เอกซเรย์คอมพิวเตอร์แล้ว ในกรณีที่ไม่มีเครื่องมือดังกล่าว
สามารถลดผลของสิ่งแปลกปลอมโลหะได้ด้วยวิธีปรับ
วินโดว์-วิดท์ (window width) วินโดว์-เลเวล (window

level) เพื่อให้เห็นภาพในย่านข้อมูลวินโดว์กว้างๆ (wide
window) จะสามารถแก้ไขเป็นเบื้องต้นได้ แต่ภาพยังคง
มีสิ่งแปลกปลอมโลหะอยู่ดังเดิม อีกวิธีการหนึ่งคือ การเพิ่ม
ค่าพารามิเตอร์ก่อนการถ่ายภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์
ผู้ป่วยที่มีโลหะในร่างกาย เช่น การเพิ่มค่ากระแสหลอดเวลา
และค่าความต่างศักย์หลอด จะช่วยลดสิ่งแปลกปลอมได้
แต่ผลที่ตามมาคือผู้ป่วยจะได้รับปริมาณรังสีเพิ่มจากการ
เพิ่มค่าพารามิเตอร์นั้นๆ⁵⁻⁷

ดังนั้นวิธีการที่ทางผู้วิจัยแนะนำให้นำไปใช้งาน
คือการใช้อัลกอริทึมในการลดหรือโปรแกรมที่พัฒนา
มาเพื่อใช้ในการลดจะได้ประสิทธิภาพในการช่วยตรวจ
ติดตามอาการ หรือวางแผนการรักษาผู้ป่วยได้ดีขึ้น
ในการใช้งานเครื่องมือหรืออัลกอริทึมที่ติดมากับเครื่อง¹¹⁻¹⁶
เช่น O-MAR ของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ยี่ห้อ
Phillips มีข้อจำกัดที่ให้การลดที่ไม่ดีนักในกรณีที่โลหะ
อยู่ในอากาศ หรืออยู่ที่บริเวณผิว รวมทั้งโลหะชนิดสกรู
และคลิปโลหะ¹¹

ข้อจำกัดของโปรแกรม NUMAR คือ การที่จะต้อง
กำหนดค่าเริ่มต้นของการหาขอบเขตของโลหะ ซึ่ง
จะต้องปรับให้เหมาะสมเพื่อให้โปรแกรมทำงานได้อย่าง
เต็มประสิทธิภาพ หากกำหนดได้ไม่ถูกต้องจะส่งผลต่อ
การประมวลผลภาพ หรืออาจจะทำให้เกิดสิ่งแปลกปลอมใหม่
ขึ้นได้ ดังนั้นในการวิจัยต่อไปผู้วิจัยจะพัฒนาอัลกอริทึม

สำหรับโปรแกรม NUMAR ที่สามารถหาขอบเขตโลหะได้โดยอัตโนมัติและมีความถูกต้อง ซึ่งการทำงานข้อนี้ เครื่องมือลดสิ่งแปลกปลอม GSI สามารถทำงานเองโดยอัตโนมัติ แต่การระบุรูปร่างของโลหะในภาพสัณฐานบางครั้งรูปร่างไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง

จากข้อมูลการทดสอบพบว่าร้อยละการลดลงของสิ่งรบกวนจากการใช้โปรแกรม NUMAR สามารถลดสิ่งแปลกปลอมได้มากกว่าการใช้เครื่องมือ GSI ในกลุ่มภาพสกรูบางส่วนค่อนข้างชัดเจน และกลุ่มภาพที่มีสกรูเต็มตัวได้ผลไม่แตกต่างกัน แต่ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยค่าสิ่งรบกวนของทั้งสองเครื่องมือปรากฏว่าในกลุ่มภาพที่มีแท่งเหล็กยึดสกรู ผลการลดสิ่งรบกวนในภาพมีค่าต่างกันมากแต่ได้ผลการทดสอบทางสถิติไม่แตกต่างกัน จากการวิเคราะห์อาจเกิดจากจำนวนข้อมูลที่มีจำนวนน้อยและมีความเบี่ยงเบนมาตรฐานที่สูงจึงทำให้ได้ผลเช่นนั้น จากตารางที่ 1 ปรากฏค่าร้อยละการลดลงของการใช้เครื่องมือ GSI ในภาพที่มีเครื่องหมายเป็นบวกลแสดงว่ามีสิ่งรบกวนเพิ่มขึ้นในบางภาพของทั้งสามกลุ่ม ในขณะที่ผลของโปรแกรม NUMAR เป็นลบทั้งหมด

จากข้อมูลของงานวิจัยเหล่านี้ ทางผู้วิจัยจะนำผลการทดสอบโปรแกรม NUMAR ไปปรับปรุงและทดสอบกับภาพจากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ชนิดอื่นๆ เช่น ภาพผู้ป่วยจัดฟันหรือใส่รากฟันเทียมชนิดโลหะจากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ฟันแบบโคไนม์ และภาพผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาแผนการรักษาของการรักษาระยะใกล้ด้วยการใส่แร่ ของการถ่ายภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษ การทดสอบเหล่านี้จะต้องทำการประเมินผลคุณภาพเชิงคลินิกโดยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้ได้ผลทดสอบความสามารถในการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะที่ครบถ้วนทั้งข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคลินิก

สรุป

โปรแกรม NUMAR ที่พัฒนาจากหลักการการปรับข้อมูลไซน์แกรมให้สมบูรณ์ (sinogram completion) มีความสามารถในการลดสิ่งแปลกปลอมโลหะในภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์กระดูกสันหลัง

ส่วนเอวที่มีโลหะสกรูแบบขนาดเล็ก แบบบางส่วนและแบบเต็มตัว ได้ใกล้เคียงกับเครื่องมือการลดที่มีใช้ในเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ GSI ผลที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลเพื่อปรับปรุงและพัฒนาโปรแกรม NUMAR และการพิจารณาใช้งานโปรแกรมกับภาพผู้ป่วยจริงต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ศูนย์ภาพวินิจฉัยศิริราช ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล สำหรับการเอื้ออำนวยในการเก็บข้อมูลภาพที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Vande Berg B, Malghem J, Maldague B, et al. Multi-detector CT imaging in the postoperative orthopedic patient with metal hardware. *Eur J Radiol* 2006; 60: 470 - 9.
2. Boas FE, Fleischmann D. CT artifacts: causes and reduction techniques. *Imaging Med* 2012; 4: 229 - 40.
3. Lee MJ, Kim S, Lee SA, et al. Overcoming artifacts from metallic orthopedic implants at high-field-strength MR imaging and multidetector CT. *Radiographics* 2007; 27: 791 - 803.
4. Barrett JF, Keat N. Artifacts in CT: recognition and avoidance. *Radiographics* 2004; 24: 1679 - 91.
5. Stradiotti P, Curti A, Castellazzi G, et al. Metal-related artifacts in instrumented spine. Techniques for reducing artifacts in CT and MRI: state of the art. *Eur Spine J* 2009; 18(Supp 1): 102 - 8.
6. Kataoka ML, Hochman MG, Rodriguez EK, et al. A review of factors that affect artifact from metallic hardware on multi-row detector computed tomography. *Curr Probl Diagn Radiol* 2010; 39: 125 - 36.
7. Kalender WA, Hebel R, Ebersberger J. Reduction of CT artifacts caused by metallic implants. *Radiology* 1987; 164: 576 - 7.
8. Kaewlek T, Koolpiruck D, Thongvigitmanee S, et al. Metal artifacts reduction of pedicle screws on spine computed tomography images using variable

- thresholding. Proceeding of the 6th annual scientific meeting: Thai Medical Physicist Society, 2012 Feb 23-26; Phitsanulok, Thailand. Bangkok: Thai Medical Physicist Society; 2012; p.113 - 5.
9. Veldkamp WJ, Joemai RM, van der Molen AJ, et al. Development and validation of segmentation and interpolation techniques in sinograms for metal artifact suppression in CT. *Med Phys* 2010; 37: 620 - 8.
 10. Verburg JM, Seco J. CT metal artifact reduction method correcting for beam hardening and missing projections. *Phys Med Biol* 2012; 57: 2803 - 18.
 11. Li H, Noel C, Chen H, et al. Clinical evaluation of a commercial orthopedic metal artifact reduction tool for CT simulations in radiation therapy. *Med Phys* 2012; 39: 7507 - 17.
 12. Huang JY, Kerns JR, Nute JL, et al. Evaluation of three commercial metal artifact reduction methods for CT simulations in radiation therapy. *Int J Cancer Ther Oncol* 2014; 2: 020224.
 13. Huang JY, Kerns JR, Nute JL, et al. An evaluation of three commercially available metal artifact reduction methods for CT imaging. *Phys Med Biol* 2015; 60: 1047 - 67.
 14. Metal Artifact Reduction for Orthopedic Implants (O-MAR) [homepage on the Internet]. Andover, Massachusetts: Philips Health Care System; 2012 [cited 2014 Dec 1]. Available from: [http://clinical.netforum.healthcare.philips.com/us_en/Explore/White-Papers/CT/Metal-Artifact-Reduction-for-Orthopedic-Implants-\(O-MAR\)](http://clinical.netforum.healthcare.philips.com/us_en/Explore/White-Papers/CT/Metal-Artifact-Reduction-for-Orthopedic-Implants-(O-MAR))
 15. Kidoh M, Nakaura T, Nakamura S, et al. Reduction of dental metallic artefacts in CT: value of a newly developed algorithm for metal artefact reduction (O-MAR). *Clin Radiol* 2014; 69: e11 - 6.
 16. Hilgers G, Nuver T, Minken A. The CT number accuracy of a novel commercial metal artifact reduction algorithm for large orthopedic implants. *J Appl Clin Med Phys* 2014; 15: 4597.