



Original Article

การเปรียบเทียบภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ระหว่างภาพตัดจริง ก่อนฉีดสารทึบรังสีและภาพ Virtual non-contrast ที่สร้างขึ้น ด้วยเครื่อง IQon Spectral CT

Comparison between conventional pre-contrast and virtual non-contrast images from IQon spectral CT

ทศพร เอี่ยมสุข¹ • ชัชมนันท์ มีกิงทอง¹ • วิชานู ประเสริฐศิลปกุล¹ • ประภา สดโคกกรวด² • เสาวนีย์ อัสวผาติบุญ^{2*}

¹ศูนย์รังสีวินิจฉัยก้าวหน้า คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพมหานคร 10400 ประเทศไทย

²ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพมหานคร 10400 ประเทศไทย

Tossaporn Iamsuk¹ • Chutchamon Meekingthong¹ • Wichan Prasertsilpakul¹ • Prapa Sodkokkrud² •
Sawwanee Asavaphatiboon^{2*}

¹Advanced Diagnostic Imaging Center, Faculty of Medicine Ramathibodi Hospital, Mahidol University, Bangkok, 10400, Thailand

²Department of Radiology, Faculty of Medicine Ramathibodi Hospital, Mahidol University, Bangkok, 10400, Thailand

*ผู้รับผิดชอบบทความ: เสาวนีย์ อัสวผาติบุญ | Corresponding author: Sawwanee Asavaphatiboon (sawwanee.mahidol@gmail.com)

Received: 21 June 2022 | Revised: 25 November 2022 | Accepted: 25 December 2022

Thai J Rad Tech 2022;47(1):83-92

บทคัดย่อ

Dual-layer CT เป็นเทคโนโลยีของเครื่อง dual-energy CT ที่ใช้หลักการท้าวัดรังสีที่มีสองชั้นในการรับพลังงานเพื่อให้เกิดภาพสองค่าพลังงาน ข้อมูลที่ได้สามารถนำมาสร้างภาพได้หลายชนิด เช่น virtual mono-energetic image, virtual non-contrast image เป็นต้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความแตกต่างของค่า CT number ของภาพ CT ที่ตัดจริงก่อนฉีดสารทึบรังสีหรือ True non-contrast (TNC) กับ Virtual non-contrast (VNC) ของสมอง โดยการเก็บข้อมูลย้อนหลังของผู้ป่วยที่มารับการตรวจ CT แบบไม่ฉีดและฉีดสารทึบรังสีด้วยเครื่อง dual-layer IQon Spectral CT ณ ศูนย์รังสีวินิจฉัยก้าวหน้า จำนวน 35 คน ทำการวัด CT number ของ white matter และ gray matter ของเนื้อสมองทั้งซีกซ้ายและขวา จากภาพ TNC และ VNC ณ ตำแหน่ง frontal lobe parietal lobe temporal lobe occipital lobe และ pons (WM) & cerebellum (GM) และทำการเปรียบเทียบทางสถิติด้วย T-test (two-tailed) ผลการทดลองพบว่า อายุเฉลี่ยของผู้ป่วย 65.6 ± 7.8 ปี และมีค่า CTDI_{vol} อยู่ในช่วง 45.5–58.3 มิลลิเกรย์ จากการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ย CT number รวมทุกตำแหน่ง จากภาพ TNC และ VNC มีค่าเท่ากับ 27.1 ± 1.3 และ 27.1 ± 1.80 HU สำหรับ white matter และ 34.0 ± 1.6 และ 28.9 ± 2.6 HU สำหรับ gray matter ตามลำดับ ค่า CT number ของ white matter จากภาพ TNC และ VNC ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P=0.05$) ต่างจาก gray matter ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ดังนั้น VNC ให้ภาพที่มีความแตกต่างของ white matter และ gray matter ที่น้อยกว่า TNC สรุปได้ว่า การใช้ภาพ VNC แทนภาพ TNC ต้องมีความระมัดระวัง โดยเฉพาะในกรณีที่ต้องการแยกรอยโรค white matter และ gray matter แต่อาจใช้ได้ในการติดตามการรักษาโรค เพื่อเป็นการลดปริมาณรังสีผู้ป่วย

คำสำคัญ: เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สองค่าพลังงาน, Virtual non-contrast, True non-contrast, เลขซีที

Abstract

Dual-layer CT is a dual-energy CT technology that uses the dual layer detector to generate two different tube voltage image. The image raw data can be reconstructed many image types, such as virtual mono-energetic image, virtual non-contrast image, etc. This study aimed to evaluate the difference in the CT number between the pre-contrast CT image or True non-contrast (TNC) and Virtual non-contrast (VNC) of the brain. The retrospective data of 35 patients who underwent CT brain without and with contrast media were collected from Philips IQon Spectral CT at Advanced Diagnostic Imaging Center. CT number values of white matter (WM) and gray matter (GM) of TNC and VNC CT images were measured at both left and right hemispheres of the frontal lobe, parietal lobe, temporal lobe, occipital lobe, and pons (WM) & cerebellum (GM) and compared with T-test (two-tailed) with the level of confidence p-value 0.05. The patient's average and standard deviation were 65.6 ± 7.8 years, and $CTDI_{vol}$ ranged from 45.5 to 58.3 mGy. The study found that the average CT numbers at all measured positions in TNC and VNC images were 27.1 ± 1.3 and 27.1 ± 1.8 HU for white matter, and 34.0 ± 1.6 and 28.9 ± 2.6 HU for gray matter, respectively. CT numbers of white matter was no significant difference ($p=0.05$) and gray matter was differ significant (<0.05). Conclusions, the image contrast of white and gray matter in VNC images is inferior to TNC images. It is concluded that using the VNC image of the brain instead of the TNC image had to be particularly cautions, especially in the case of white and gray matter diagnoses. However, it may be used in the followed-up case to reduce the patient's dose.

Keywords: Spectral computed tomography, Virtual non-contrast, True non-contrast, CT number

บทนำ

เทคโนโลยีของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (Computed Tomography, CT) ที่ใช้ในการตรวจวินิจฉัยที่มีการใช้สองค่าพลังงาน (Dual energy) ในการเก็บข้อมูล^[1,2] โดยอาจจะเป็นเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบ Dual tube ของบริษัท Siemens หรือเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบ kV-switching ของบริษัท GE หรือใช้หลักการของการใช้หัววัดรังสีแบบ dual-layer ของบริษัทฟิลิปส์ ที่เรียกว่า spectral CT ซึ่งการใช้สองค่าพลังงาน โดยทั่วไปจะใช้ 80 หรือ 100 kVp เป็นตัวแทนของพลังงานต่ำ และ 120 หรือ 140 kVp เป็นตัวแทนของพลังงานสูง ซึ่งเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบสองค่าพลังงานนี้ มีการพัฒนามาตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1976^[3] โดย Alvarez และ Macovski ได้แสดงให้เห็นว่าสเปกตรัมรังสีเอกซ์ที่มีหลายค่าพลังงาน (polyenergetic x-ray spectra) จะมีค่าที่สามารถแยกค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนออกจากกันโดยอาศัยอันตรกิริยา Photoelectric effect กับ Compton scattering ของรังสีเอกซ์กับตัวกลางที่เกิดขึ้น โดยอันตรกิริยา Photoelectric effect เป็นการลดทอนของรังสีมากที่สุด จะขึ้นกับค่าพลังงานของรังสีและค่าเลขอะตอม (atomic number, Z) ของตัวกลางหรือเนื้อเยื่อ ในขณะที่อันตรกิริยา Compton scattering จะไม่ขึ้นกับค่าพลังงานของรังสี เนื่องจาก Compton scattering ลดลงเมื่อ incident photon energy เพิ่มขึ้น แต่ลดลงช้า และค่าเลขอะตอมของตัวกลาง^[1,4]

ข้อดีของการใช้สองค่าพลังงาน^[4] คือสามารถใช้โปรแกรมการสร้างภาพเพื่อให้ได้ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่มีความ

หลากหลาย อาทิเช่น ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบค่าพลังงาน keV ต่างๆ ที่เรียกว่า virtual mono-energy image (VMI) หรือภาพที่แสดงเฉพาะไอโอดีนหรือสารทึบรังสีที่ฉีดบริเวณที่ตรวจ และสามารถสร้างภาพ Virtual non-contrast (VNC) เป็นภาพของ non-contrast ที่ได้จากการทำประมวลผลภาพย้อนหลัง (image post-processing) จากภาพที่ฉีดสารทึบรังสีแล้ว ภาพที่ได้มีลักษณะคล้ายภาพก่อนการฉีดสารทึบรังสี (Pre-contrast) หรือที่เรียกว่า “True non-contrast (TNC)” ทำให้สามารถลดปริมาณรังสีแก่ผู้ป่วยได้ หากสามารถใช้ภาพ VNC แทนการสแกนภาพก่อนการฉีดสารทึบรังสี (Pre-contrast)

งานวิจัยส่วนใหญ่^[5-7] จะกล่าวสรุปถึงประโยชน์การใช้ ภาพ VMI ที่ได้จาก Dual energy CT สำหรับส่วนสมองในการใช้ high keV แยกภาวะเลือดออกในสมองขนาดเล็กจากการฉีดสารทึบรังสีหรือเลือดออกจากการเกิดอุบัติเหตุทางสมอง การใช้ภาพ low keV ที่ช่วยทำให้เห็นหลอดเลือดหรือ enhancement ของก้อนได้ดีขึ้น

Meredith A และคณะ (ปี 1977)^[8] ทำการศึกษาการแยกความแตกต่าง White matter และ Gray Matter ของสมองด้วยเครื่อง CT รุ่น Ohio Nuclear Delta 25 Head scanner จากผู้ป่วยจำนวน 70 ราย โดย 20 รายไม่มีการฉีดสารทึบรังสี และ 50 คนมีการฉีดสารทึบรังสีร่วมด้วย ผลการทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ยที่วัดได้บริเวณ white matter ใน parietal lobe ที่ไม่ได้ฉีดสารทึบรังสีวัดได้ค่าเท่ากับ 29 หน่วย และ gray matter ได้ 35 หน่วย มีค่าเฉลี่ยความแตกต่างของค่า linear attenuation เท่ากับ 0.6% กรณีที่ฉีดสารทึบรังสี ค่าเฉลี่ยที่วัดได้บริเวณ

white matter 29 หน่วย บริเวณ gray matter วัดได้ 37 หน่วย และมีค่าเฉลี่ยความแตกต่างของค่า linear attenuation อยู่ที่ 0.8% จากการทดลองยังพบว่า ค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของค่า linear attenuation มีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละเมื่อฉีดสารทึบรังสี 0.2 งานวิจัยนี้ได้สรุปไว้ว่าเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สามารถใช้ในการแยก White matter และ Gray matter ของสมองได้

Jiang XY และคณะ^[9] ใช้ภาพ virtual non-contrast ที่สร้างจากภาพ dual energy CTA ของเครื่อง dual source CT ของบริษัท Siemens ในการวินิจฉัยรอยโรค subarachnoid hemorrhage (SAH) ผลการศึกษา พบว่า VNC ให้ภาพที่มี noise ที่มากกว่า และ image contrast ของ gray และ white matter ที่ลดลงกว่า TNC อีกทั้งสามารถใช้ในการวินิจฉัยรอยโรค SAH ได้ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p=0.121$) ได้สรุปว่า VNC สามารถใช้ในการวินิจฉัย SAH ได้ เป็นการลดปริมาณรังสีให้กับผู้ป่วย

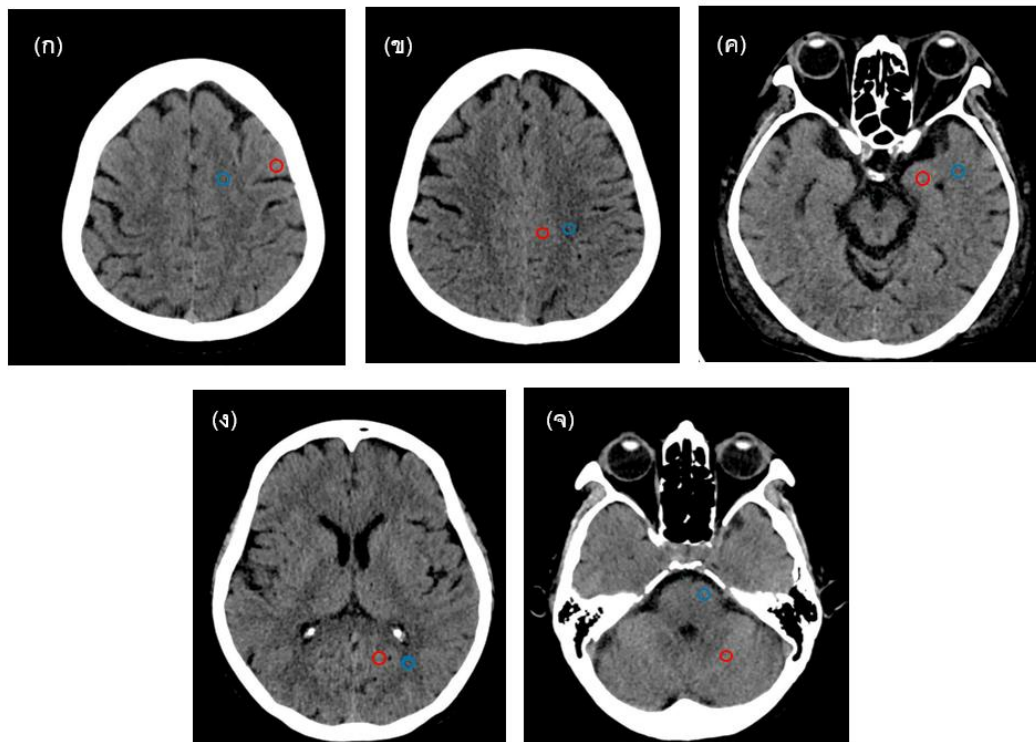
Niehoff JH และคณะ^[10] ทำการประเมินความน่าเชื่อถือของการใช้ภาพ VNC เทียบกับ TNC ในเครื่อง Photon counting CT ของบริษัท Siemens โดยทำการศึกษา ในส่วนของ ดับ ม้าม ไต หลอดเลือดแดงใหญ่ กล้ามเนื้อ ไขมันและกระดูก พบว่าความแตกต่าง มากสุดพบใน spongy bone และพบว่าหากยกเว้น spongy bone ค่าความแตกต่างของ CT number ระหว่าง TNC และ VNC ที่ 10 HU หรือน้อยกว่า พบได้ถึงร้อยละ 40 ส่วนค่าความแตกต่าง 15 HU หรือน้อยกว่า พบได้ถึงร้อยละ 72 งานวิจัยได้สรุปว่า การนำ VNC ไปใช้ในทางคลินิก ต้องมีความระมัดระวัง

ในปัจจุบันการตรวจส่วนสมองด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ ถูกนำมาใช้การตรวจวินิจฉัยและการติดตามรักษารอยโรคจำนวนมาก ปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยจะได้รับจากการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จะขึ้นอยู่กับเทคนิคในการตรวจระยะขอบเขตการสแกนรูปร่างขนาดของผู้ป่วย ในการตรวจสมองบางรอยโรคเช่น สภาวะมีก้อน (Mass) หรือสภาวะการติดเชื้อ (Infection) ต้องมีการฉีดสารทึบรังสี (Iodinated contrast medium) เพื่อให้เห็นความผิดปกติและขอบเขตของรอยโรค ทำให้ผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า จากการตรวจก่อนและหลังการฉีดสารทึบรังสี บ่อยครั้งที่ผู้ป่วยต้องมีการส่งตรวจเพื่อติดตามการรักษารอยโรค หากการใช้ภาพ VNC แทนได้ จะเป็นการลดปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับจากการตรวจ ผู้จัดทำจึงมีความสนใจศึกษาเปรียบเทียบค่า CT Number ระหว่างภาพตัดจริงก่อนฉีดสารทึบรังสี (Pre-contrast CT) หรือที่เรียกว่า true non-contrast กับภาพ VNC ในการตรวจเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ชนิดสองค่าพลังงาน (Spectral CT) ชนิด dual layer ส่วนสมอง เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการพิจารณาในการใช้ภาพ VNC แทนภาพ TNC

วิธีดำเนินการศึกษา

ทำการศึกษาย้อนหลังโดยผ่านการขอวิจัยในคนแล้ว ทำการเก็บข้อมูลผู้ป่วยที่มารับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ส่วนสมอง (CT Brain) ที่มีการไม่ฉีดและฉีดสารทึบรังสี จากโปรแกรม Philips IntelliSpace Portal Version 9.0 ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2562 – เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 โดยข้อจำกัดของการเก็บข้อมูลครั้งนี้ จะทำการเก็บข้อมูลในผู้ป่วยที่มีอายุตั้งแต่ 50 ปีขึ้นไป ที่รับการตรวจด้วย routine protocol ของ CT brain (Technical data: helical scan 120 kVp, modulated mA, 0.4 sec rotation time, collimation 0.625 x 64, 0.390 pitch, matrix size 512 x 512 และ slice thickness 3 mm) จำนวน 35 ราย เนื่องจากเป็นช่วงอายุที่เป็น การตรวจที่มีการฉีดสารทึบรังสีร่วมด้วยของทางศูนย์ไอแมค โรงพยาบาลรามาธิบดี สารทึบรังสีที่ฉีดเป็นชนิด non-ionic iodinated contrast media ปริมาณที่ฉีดตามน้ำหนักผู้ป่วย โดยคำนวณ 1 มิลลิกรัมต่อน้ำหนัก 1 กิโลกรัม

ใช้โปรแกรม IntelliSpace Portal Version 9.0 ของ Philips CT client Workstation สร้างภาพ Virtual Non-contrast ซึ่งเป็นภาพของ non-contrast ที่ได้จากการทำประมวลผลภาพย้อนหลัง (image post-processing) จากภาพที่มีการฉีดสารทึบรังสี แล้วทำการลบ (Subtraction) ไอโอดีนซึ่งเป็นส่วนประกอบของสารทึบรังสีออก ทำการวัดข้อมูลค่า CT Number และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของภาพ True non-contrast และ Virtual non-contrast บริเวณ Gray matter และ White matter ที่ตำแหน่งเดียวกันของสมองส่วนต่างๆ ทั้งซีกซ้ายและซีกขวา โดยใช้ region of interest (ROI) ขนาด 20 ลูกบาศก์มิลลิเมตร (mm^3) ในการศึกษาครั้งนี้ทำในเนื้อสมองส่วนต่างๆ 5 ตำแหน่งดังนี้ Frontal lobe, Parietal lobe, Temporal lobe, Occipital lobe, Pons (ตำแหน่ง white matter) และ Cerebellum (ตำแหน่ง gray matter) แสดงดังรูปที่ 1 ก-จ ตามลำดับ จากนั้นนำข้อมูลค่า CT Number และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากประชากรทั้งหมด 35 คน มาคำนวณหาค่าทางสถิติ นั่นคือ ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, SD) จากภาพ Virtual non-contrast และ True non-contrast โดยแยกตาม Gray matter และ White matter ทั้งสมองซีกซ้ายและขวาของสมองส่วนต่างๆ ดังนี้ Frontal lobe, Parietal lobe, Temporal lobe, Occipital lobe และ Pons & Cerebellum ทำการทดสอบความแตกต่างของค่า CT number ทางสถิติด้วย T-Test (two-tailed) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($\alpha = 0.05$)



รูปที่ 1 ตำแหน่งการวัด CT number ใน white matter (สีแดง) และ gray matter (สีแดง) บริเวณ (ก) Frontal lobe (ข) Parietal lobe (ค) Temporal lobe (ง) Occipital lobe และ (จ) Pons and cerebellum

ผลการศึกษา

จากการเก็บข้อมูลผู้ป่วยเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2562 – เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 พบว่า ข้อมูลผู้ป่วย มีอายุเฉลี่ย 65.6 ± 7.8 ปี ช่วงอายุ 52-86 ปี โดยแบ่งเป็นเพศหญิง 22 คน และเพศชาย 13 คน ค่า $CTDI_{vol}$ อยู่ในช่วง 45.5-58.3 mGy และมีค่าเฉลี่ย 52.9 ± 3.1 mGy

ค่าเฉลี่ย CT number และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของสมองบริเวณต่างๆ ได้แก่ Frontal lobe, Parietal lobe, Temporal lobe, Occipital lobe และ Cerebellum & Pons ทั้งซีกซ้ายและซีกขวาแบบ True non-contrast และแบบ Virtual non-contrast สำหรับ white matter และ gray matter ได้ข้อมูลดังตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ย CT number และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของ White matter รวมทุกตำแหน่ง จากภาพ TNC และ VNC มีค่าเท่ากับ 27.1 ± 1.3 HU และ 27.1 ± 1.8 HU ตามลำดับ และค่าเฉลี่ย CT number ของ Gray matter รวมทุกตำแหน่ง จากภาพ True non-contrast และ VNC มีค่าเท่ากับ 34.0 ± 1.6 HU และ 28.9 ± 2.6 HU ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของ noise (SD ของ ROI ที่ทำการวัดค่า CT number ในแต่ละตำแหน่ง) ของ CT number บริเวณ White matter รวมทุกตำแหน่ง จาก

ภาพ TNC และ VNC ดังนี้ 3.3 และ 3.0 ตามลำดับ และของ Gray matter มีค่าเท่ากับ 3.3 และ 3.1 ตามลำดับ

รูปที่ 2 ถึง 5 แสดง Box plot การกระจายตัวของ CT number ในตำแหน่งต่างๆ ของ white matter และ gray matter จากภาพ TNC และ VNC ตามลำดับ

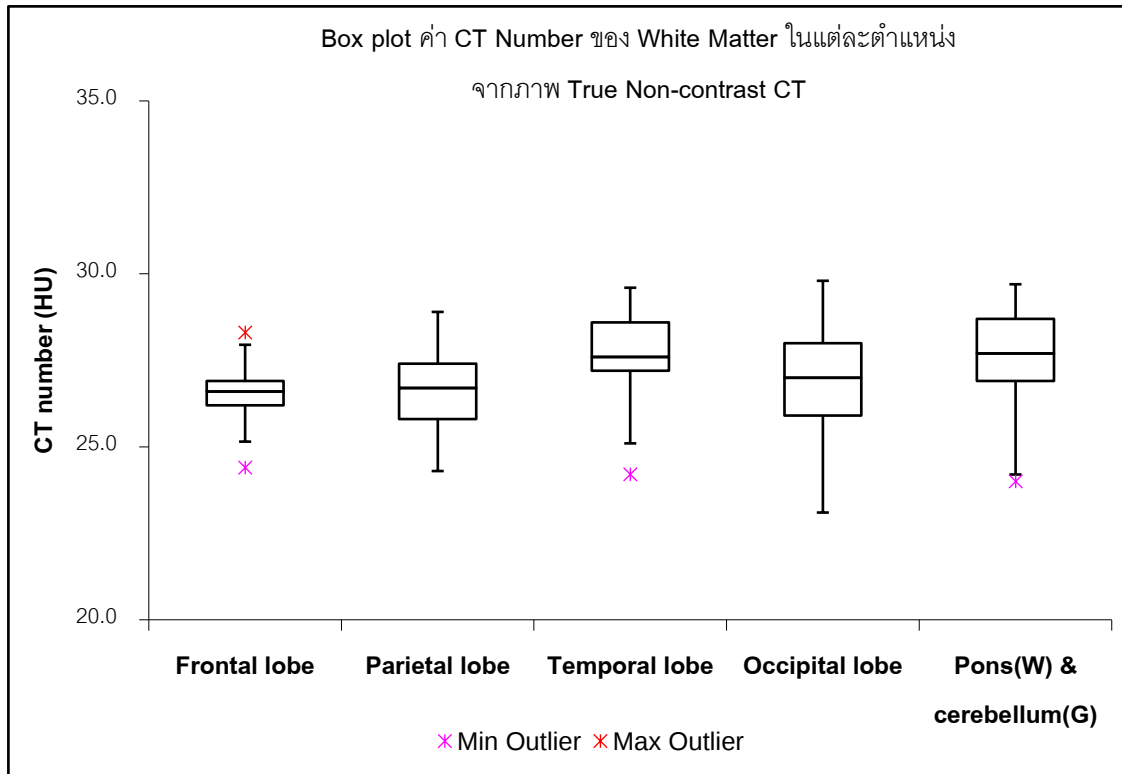
ผลการทดสอบทางสถิติ pair T-test พบว่า ค่า CT Number ของภาพ TNC และ VNC ของ White matter ในสมองส่วนต่างๆ ได้แก่ Frontal lobe, Parietal lobe, Temporal lobe, Occipital lobe และ Cerebellum & Pons ทั้งซีกซ้ายและซีกขวา โดยรวมมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ยกเว้นค่า CT number ของภาพ True non-contrast และ Virtual non-contrast ของ LT. Parietal lobe ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังตารางที่ 1 ส่วนค่า CT Number ของภาพ TNC และ VNC ของ Gray matter ในสมองส่วนต่างๆ ได้แก่ Frontal lobe, Parietal lobe, Temporal lobe, Occipital lobe และ Cerebellum & Pons ทั้งซีกซ้ายและซีกขวา มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ย CT Number และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของ White matter จากภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบ True non-contrast (TNC) และ Virtual non-contrast (VNC)

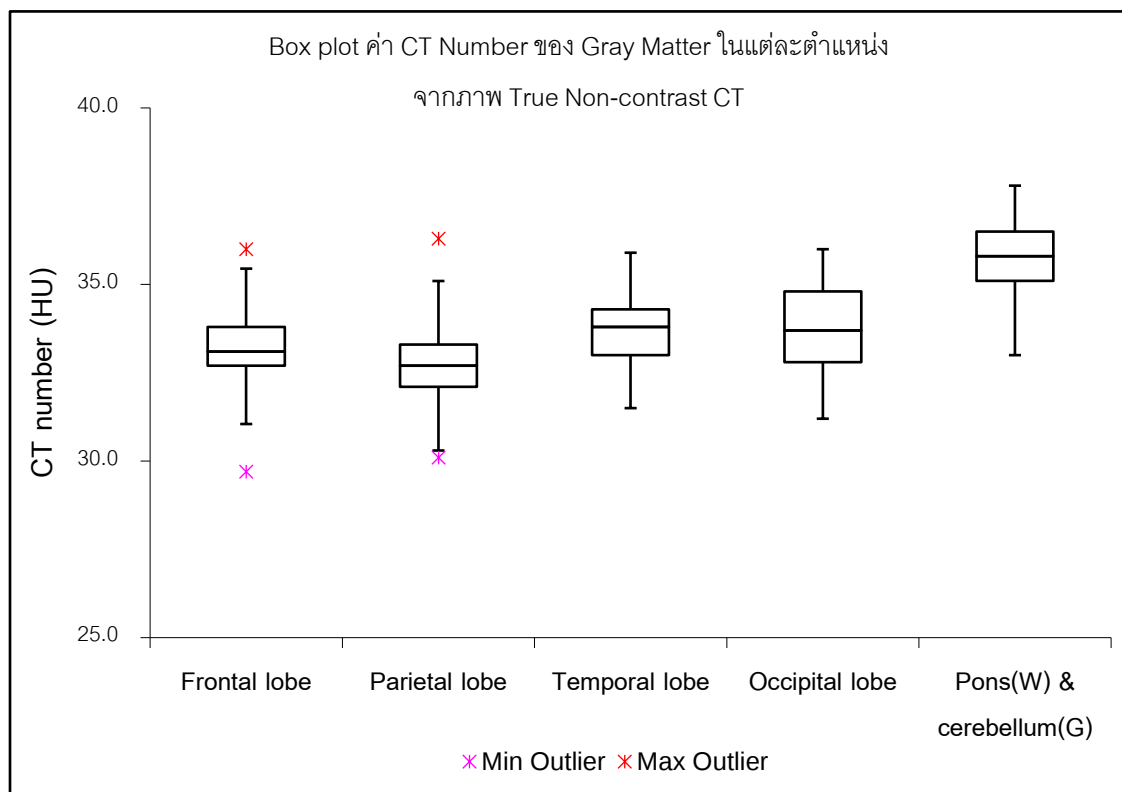
	Mean± SD of CT number in White matter (range), HU				<i>p-value</i>
	TNC		VNC		
	left	right	left	right	
Frontal lobe	26.6 ± 0.9	26.5 ± 1.2	26.8 ± 1.4	26.5 ± 1.6	0.236 (Lt.)
	(24.5-28.2)	(23.1-28.1)	(23.4-29.9)	(23.8-29.2)	0.921 (Rt.)
Parietal lobe	26.5 ± 1.0	26.8 ± 1.2	27.0 ± 1.2	27.0 ± 1.3	0.007 (Lt.)
	(24.4-28.9)	(24.2-28.5)	(24.2-28.9)	(23.5-29.2)	0.193 (Rt.)
Temporal lobe	27.5 ± 1.3	27.6 ± 1.2	27.2 ± 1.4	27.3 ± 1.7	0.210 (Lt.)
	(24.4-29.2)	(24.2-28.9)	(24.8-30.6)	(24.1-31.1)	0.359 (Rt.)
Occipital lobe	26.8 ± 1.5	27.2 ± 1.5	27.1 ± 1.8	27.5 ± 2.2	0.197 (Lt.)
	(24.1-29.3)	(23.1-29.8)	(23.5-31.6)	(21.3-32.2)	0.426 (Rt.)
Pons (W) & cerebellum (G)	27.6 ± 1.3	27.5 ± 1.5	26.8 ± 2.4	27.6 ± 2.6	0.062 (Lt.)
	(24.9-29.7)	(24.0-29.7)	(19.7-29.5)	(24.0-33.8)	0.757 (Rt.)

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ย CT Number และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของ Gray matter จากภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบ True non-contrast (TNC) และ Virtual non-contrast (VNC)

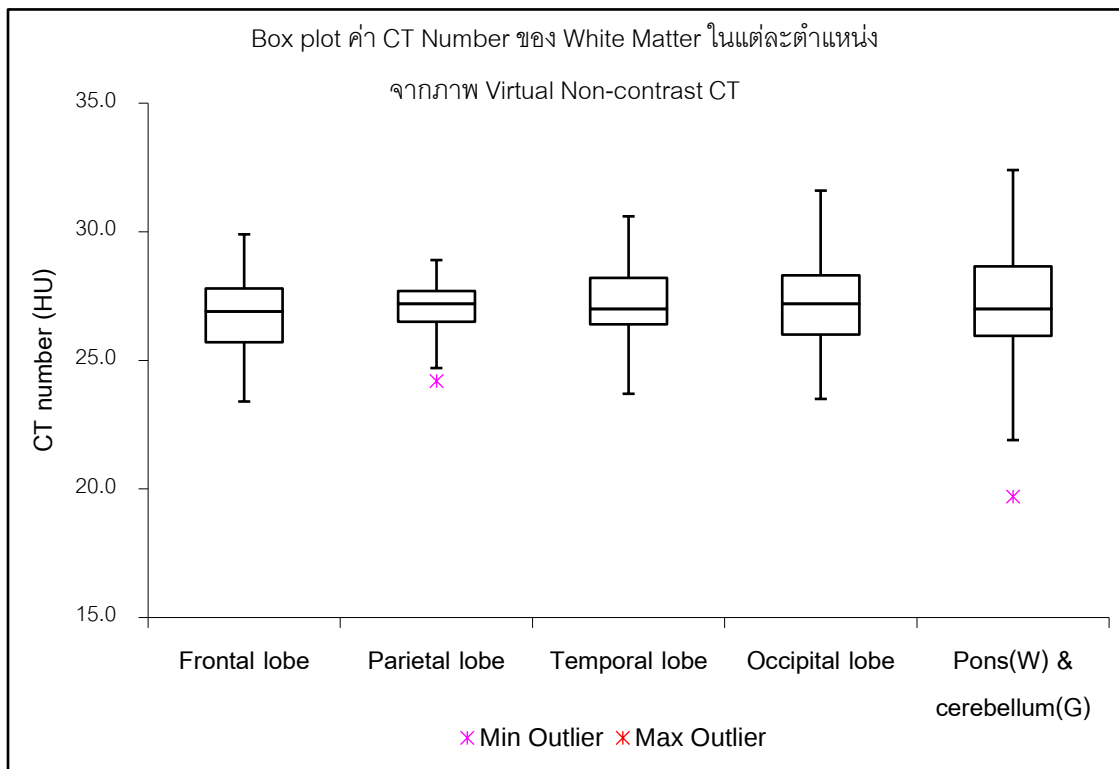
	Mean± SD of CT number in gray matter (range) HU				<i>p-value</i>
	TNC		VNC		
	left	right	left	right	
Frontal lobe	33.4 ± 1.5	33.4 ± 1.3	26.6 ± 2.3	26.4 ± 1.6	0.000 (Lt.)
	(29.7-35.8)	(29.6-35.3)	(21.7-30.9)	(22.9-29.6)	0.000 (Rt.)
Parietal lobe	32.9 ± 1.1	33.1 ± 1.4	28.4 ± 1.8	28.0 ± 2.1	0.000 (Lt.)
	(30.5-33.9)	(30.1-36.0)	(23.6-31.3)	(24.5-32.8)	0.000 (Rt.)
Temporal lobe	33.9 ± 1.0	33.8 ± 1.4	28.8 ± 1.4	28.3 ± 1.5	0.000 (Lt.)
	(32.1-35.7)	(31.1-36.3)	(27.1-31.9)	(24.7-31.0)	0.000 (Rt.)
Occipital lobe	33.6 ± 1.2	34.0 ± 1.4	29.6 ± 2.4	29.4 ± 2.3	0.000 (Lt.)
	(32.2-36.0)	(31.2-36.7)	(29.2-35.2)	(24.2-34.3)	0.000 (Rt.)
Pons (W) & cerebellum (G)	35.6 ± 1.2	36.1 ± 1.2	31.2 ± 2.5	31.9 ± 2.2	0.000 (Lt.)
	(33.0-37.3)	(34.1-37.8)	(27.0-35.1)	(28.1-36.1)	0.000 (Rt.)



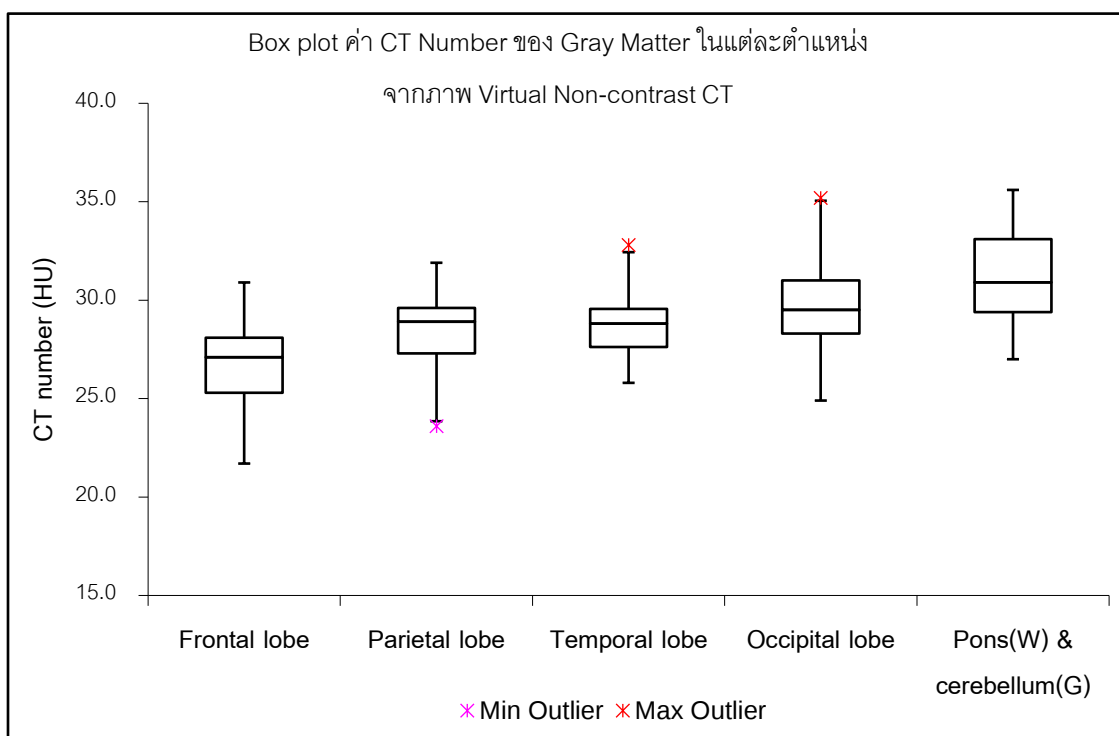
รูปที่ 2 Box plot ของค่า CT number ของ White Matter ในแต่ละตำแหน่งของสมองผู้ป่วย 35 รายจากภาพ True Non-contrast CT



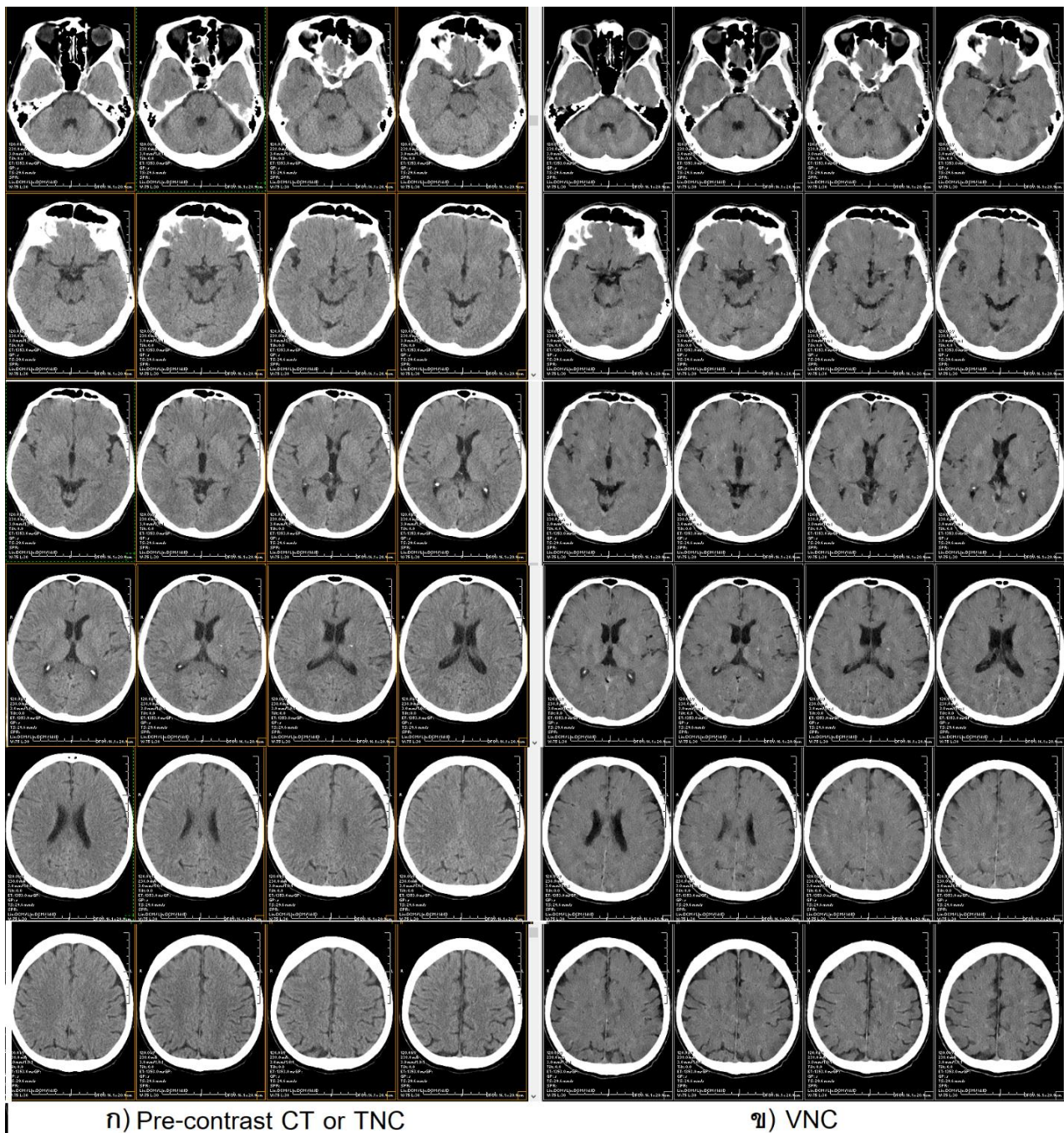
รูปที่ 3 Box plot ของค่า CT number ของ Gray Matter ในแต่ละตำแหน่งของสมองผู้ป่วย 35 รายจากภาพ True Non-contrast CT



รูปที่ 4 Box plot ของค่า CT number ของ White Matter ในแต่ละตำแหน่งของสมองผู้ป่วย 35 รายจากภาพ Virtual Non-contrast CT



รูปที่ 5 Box plot ของค่า CT number ของ Gray Matter ในแต่ละตำแหน่งของสมองผู้ป่วย 35 รายจากภาพ Virtual Non-contrast CT



รูปที่ 6 ความแตกต่าง White matter และ Gray matter ของผู้ป่วยรายหนึ่ง ในภาพ ก) True non-contrast (TNC) และ ข) Virtual non-contrast (VNC) CT ที่ระดับ window width และ window level เดียวกัน (WW:75,WL: 30)

อภิปรายและสรุปผลการศึกษา

จากการเก็บข้อมูลค่า CT Number (HU) ของภาพ TNC และ VNC สมอส่วนต่างๆ ทั้งซีกซ้ายและซีกขวา พบว่า ค่าเฉลี่ย $CTDI_{vol}$ ของการตรวจ CT Brain มีค่าไม่เกินค่า Diagnostic Reference Level (DRL) ที่ American College of Radiology และ American Association of Physicists in Medicine (ACR-AAPM) ปี ค.ศ.2013 ได้กำหนดไว้ ค่า DRL ของ $CTDI_{vol}$

ของ CT Brain มีค่าเท่ากับ 75 mGy และค่า DRL ของ CT Brain ของยุโรป (European Union, EU) ปี ค.ศ. 2014 ที่มีค่าเท่ากับ 60 mGy^[11]

ค่าเฉลี่ย CT Number (HU) รวมทุกตำแหน่งของ White matter และ Gray matter ใน TNC CT image มีค่าเท่ากับ 27.1 ± 1.3 HU และ 34.0 ± 1.6 HU และค่า CT number ที่วัดได้จากรูปที่ 1 และ 2 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ปกติ ที่ระบุไว้ CT number

ของ White matter และ Gray matter ปกติมีค่าประมาณ 20-30 HU และ 30-40 HU ตามลำดับ^[8,12] ส่วนค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ CT Number (HU) รวมทุกตำแหน่งของ White matter และ Gray matter ใน VNC CT image มีค่าเท่ากับ 27.1 ± 1.8 HU และ 28.9 ± 2.6 HU ค่าเฉลี่ยของ CT Number (HU) รวมทุกตำแหน่งของ White matter จากภาพ VNC ไม่แตกต่างจาก TNC ในขณะที่ CT Number (HU) รวมทุกตำแหน่งของ Gray matter มีค่าต่ำกว่า TNC ถึงร้อยละ 15 จากรูปที่ 3 และ 4 จะเห็นได้ว่า การกระจายตัวของค่า CT number ทั้ง White matter และ Gray matter มีค่ากระจายตัวที่มากกว่าใน TNC สอดคล้องกับค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มากขึ้น ทั้งนี้อาจเกิดจาก algorithm ในการ post-processing ของเครื่องในการสร้างภาพ VNC จากภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่มีการจัดสารทึบรังสีโดยการลบ (subtraction) ในส่วนของสารไอโอดีนออก จากข้อมูลบริษัทมีการระบุไว้ว่า ค่า CT number จากภาพ VNC สำหรับส่วนสมองมีค่าคลาดเคลื่อนได้

จากผลการเปรียบเทียบค่า CT Number (HU) ที่วัดได้บริเวณ White matter ของภาพ TNC และ VNC สมองส่วนต่างๆ ทั้งซีกซ้ายและซีกขวา ทางสถิติแบบ pair T-Test (two-tailed) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า White matter โดยส่วนใหญ่ มีค่า CT number ใน TNC และ VNC CT images ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จะมีสมองส่วน Left Parietal lobe CT Number ของภาพ TNC และ VNC แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้อาจเกิดจากค่าคลาดเคลื่อนในการวางตำแหน่งของ ROI ในส่วนของค่า CT Number (HU) บริเวณ Gray matter ของภาพ TNC และ VNC สมองส่วนต่างๆ ทั้งซีกซ้ายและซีกขวา พบว่า ค่า p-value (Significant) ของสมองทุกส่วนมีค่าน้อยกว่า 0.05 ดังนั้น ค่า CT number ของภาพ TNC และ VNC แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากรูปที่ 2 และ 4 แสดงการกระจายตัวของข้อมูล CT number ของ white matter ในผู้ป่วย 35 ราย มีการกระจายตัวของ TNC และ VNC ที่ไม่แตกต่างกันมากนัก ในขณะที่การกระจายตัวของข้อมูล CT number ของ Gray มีการกระจายตัวใน VNC ที่มากกว่า ดังรูปที่ 3 และ 5 ซึ่งส่งผลต่อสัดส่วนของ CT number ของ White matter และ Gray matter มีค่าต่างกัน โดย Gray matter มีค่า CT number ที่มากกว่า White matter ประมาณร้อยละ 20.3 ในภาพ TNC CT ในขณะที่ภาพ VNC ค่า CT number ของ Gray matter มากกว่า White matter ประมาณร้อยละ 6.23 ทำให้ภาพ VNC แยกความแตกต่างของเนื้อสมอง White matter และ Gray matter ไม่ดีเท่าภาพ True non-contrast แสดงดังรูปที่ 6 ซึ่งสอดคล้องกับ

การศึกษาของ Jiang XY และคณะ^[9] ที่พบว่า image contrast ของ VNC น้อยกว่า TNC

ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้ เนื่องจากการศึกษาวิจัยข้อมูลย้อนหลัง ข้อมูลที่ศึกษาจะได้ในกลุ่มของผู้ป่วยที่มีอายุมากกว่า 50 ปี ทำให้ข้อมูลนี้ไม่สามารถใช้ได้กับผู้ป่วยเด็ก และเป็นการศึกษาในเชิงปริมาณในรูปแบบของค่า CT number เท่านั้น

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าภาพ Virtual non-contrast ให้รายละเอียดของ White matter และ Gray matter ที่ไม่ดีเท่าภาพ True non-contrast ทั้งนี้เกิดจากค่า CT number ของ Gray matter จากภาพ VNC ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจากภาพ True non-contrast ดังนั้นหากจะนำภาพ Virtual non-contrast ไปใช้เพื่อแทนภาพ True non-contrast ต้องมีความระมัดระวัง หากต้องการดูรอยโรคใน White matter หรือ Gray matter ควรหลีกเลี่ยง แต่ภาพ VNC ของสมอง อาจนำไปใช้ในกรณีที่เป็นการติดตามการรักษาได้ เพื่อเป็นการลดปริมาณรังสีให้กับผู้ป่วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณนักรังสีการแพทย์ทุกท่านและศูนย์รังสีวินิจฉัยก้าวหน้า คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล สำหรับข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

- [1] Johnson T. R. C.. Dual-Energy CT: General Principles. AJR Am J Roentgenol 2012;199(5, Suppl):S3-S8.
- [2] Mangesius S., et al. Dual-energy computed tomography in acute ischemic stroke: state-of-the-art. Eur. Radiol. 2021; 31:4138-4147.
- [3] McCollough CH, Leng S, Yu L, Fletcher JG. Dual- and multi-energy CT: principles, technical approaches, and clinical applications. Radiology 2015;276(3):637-53.
- [4] Postma AA, Das M, Stadler AA, Wildberger JE. Dual-energy CT: what the neuroradiologist should know. Curr Radiol Rep 2015;3(5):16.
- [5] Naruto N, Itoh T, Noguchi K. Dual energy computed tomography for the head. Jpn J Radiol 2018;36(2):69-80.
- [6] Angelo TD., et al. Dual energy computed tomography virtual monoenergetic imaging: technique and clinical applications. Br J Radiol 2019; 92:20180546
- [7] Albrecht MH., et al. Review of Clinical Applications for Virtual Monoenergetic Dual-Energy CT. Radiology 2019; 293:260-271.

- [8] Weinstein MA, Duchesneau PM, MacIntyre WJ. White and gray matter of the brain differentiated by computed tomography. *Radiology* 1977;122(3):699-702.
- [9] Jiang XY, et al. Evaluation of Virtual Noncontrast images obtained from dual-energy CTA for diagnosing subarachnoid hemorrhage. *AJNR Am J Neuroradiol* May 2015; 36:855–60.
- [10] Niehoff JH., Woeltjen MM., Laukamp KR. And Borggreffe J. Virtual non-contrast versus true non-contrast computed tomography: initial experience with photon counting scanner approved for clinical use. *Diagnostics* 2021, 11, 2377.
- [11] Kanal KM, Butler PF, Sengupta D, Bhargavan-Chatfield M, Coombs LP, Morin RL. US diagnostic reference levels and achievable doses for 10 adult CT examinations. *Radiology* 2017;284(1):120-33.
- [12] Dance D, Christofides S, Maidment A, McLean I, Ng K. *Diagnostic radiology physics: A Handbook for Teachers and Students*. IAEA Vienna, 2014: 260.