

Acrylic Tc-99m Flood Field Phantom เพื่อใช้ในการควบคุมคุณภาพเครื่องถ่ายภาพหัวใจสามมิติทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์

ปณัสดา อวิคุณประเสริฐ¹, ภริตา อุทรงธรรม², จินตนา ภูยอดตา¹

¹ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002

²ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002

Acrylic Tc-99m Flood Field Phantom for the Quality Control of a Cardiac Single Photon Emission Computed Tomography

Panatsada Awikunprasert¹, Parita Usongtham², Jintana Pooyodta¹

¹Department of Physics, Faculty of Science, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand

²Department of Radiology, Faculty of Medicine, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand

หลักการและวัตถุประสงค์: การควบคุมคุณภาพเครื่องถ่ายภาพหัวใจสามมิติทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ (cardiac single photon emission computed tomography, cardiac SPECT) จำเป็นที่จะต้องทำการตรวจสอบเป็นประจำทุกวันก่อนที่จะนำไปใช้ตรวจวินิจฉัยกับผู้ป่วย อุปกรณ์ flood filed phantom เป็นอุปกรณ์หลักที่ใช้ในการตรวจสอบ ซึ่งใช้โคบอลต์-57 เป็นไอโซโทปรังสีมาตรฐานเนื่องจากค่าครึ่งชีวิตที่สั้น (271 วัน) ทำให้ต้องเปลี่ยนทุก 2 ปี และมีราคาที่สูง วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ คือ การศึกษาและออกแบบ สร้าง flood field phantom โดยใช้วัสดุอะคริลิกซึ่งสามารถขึ้นรูปได้ ร่วมกับการใช้สารกัมมันตรังสีเทคนิคเนียม-99m

วิธีการศึกษา: สำหรับ phantom ที่สร้างขึ้นจะถูกนำไปทดสอบโดยใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่อง cardiac SPECT และนำผลที่ได้เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานและค่าที่วัดได้จากการใช้ Co-57 flood field phantom การตรวจสอบประกอบด้วย การตรวจสอบค่าพลังงานสูงสุด (photo-peak) ค่าความละเอียดในการแยกพลังงาน (energy resolution) และค่าความสม่ำเสมอ (uniformity)

ผลการศึกษา: พบว่า ค่าเฉลี่ยของพลังงาน สูงสุดของ Tc-99m มีค่าเท่ากับ 140.48 ± 1.5 keV ซึ่งอยู่ในช่วง ของเกณฑ์มาตรฐาน ค่าเฉลี่ยของค่าความละเอียดในการแยก พลังงานมีค่าเท่ากับร้อยละ 5.77 ซึ่งอยู่ในช่วงของเกณฑ์มาตรฐาน (น้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 7.5) อย่างไรก็ตาม ค่าเฉลี่ยของค่าความสม่ำเสมอมีค่าเท่ากับร้อยละ 64.01 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ (มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 91)

สรุป: อุปกรณ์ acrylic Tc-99m flood phantom ผ่านการทดสอบการควบคุมคุณภาพของเครื่อง cardiac SPECT เพียงสองหัวข้อคือ ค่าพลังงานสูงสุดและค่าความละเอียดในการแยกพลังงาน อย่างไรก็ตาม ความคลาดเคลื่อนของค่าความสม่ำเสมอยังมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ดังนั้น Tc-99m flood field phantom

Background and Objective: It is necessary to daily perform the quality control of a cardiac single photon emission computed tomography (cardiac SPECT) before the diagnosis use with patients. Flood filed phantom is the main equipment used in the examination. It contains Cobalt-57 radioisotope and is used as a standard source. Because of its half-life is short (271 days), it is needed to be replaced every two years, and at an expensive price. Therefore, the aim of this work is to study and design a flood field phantom using acrylic—which can be molded—with the use of radioactive technetium-99m.

Methods: The designed and created phantom will be tested with the quality control of cardiac SPECT. The results were then compared with the recommended values and the measures using Co-57 flood field phantom. The examinations included of the maximum energy (photo-peak), the energy resolution and the uniformity.

Results: The result showed that the mean value of the maximum power of Tc-99m was 140.48 ± 1.5 keV which was in the recommended range. The mean value of the energy resolution was 5.77% which was in the standard range of $\leq 7.5\%$. However, the mean value of the uniformity was 64.01%, which is lower than the recommended value of $\geq 91\%$.

Conclusion: Only two measured values from acrylic Tc-99m flood filed phantom were in the recommended ranges which were photo-peak and energy resolution. Nevertheless, the error of uniformity was higher than the acceptable value. Therefore, the acrylic Tc-99m flood field phantom cannot replace the typical

ที่สร้างขึ้นด้วยอะคริลิกไม่สามารถใช้ Co-57 flood phantom ได้ การศึกษาต่อไป อาจเลือกใช้วัสดุอื่นแทนอะคริลิก
คำสำคัญ : เครื่องถ่ายภาพหัวใจสามมิติทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ค่าพลังงานสูงสุด ค่าความกว้างที่ถึงความสูง ค่าความสม่ำเสมอ

Co-57 flood phantom. Further studies might be performed by the use of other materials.

Key words: cardiac SPECT, photo-peak, FWHM, uniformity

ศรีนครินทร์เวชสาร 2557; 29 (2): 139-144. ♦ Srinagarind Med J 2014 ;29 (2): 139-144.

บทนำ

การควบคุมคุณภาพเครื่องถ่ายภาพหัวใจสามมิติทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ (cardiac single photon emission computed tomography; cardiac SPECT) มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพสูงสุดในการทำงานของเครื่อง และเพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องมือสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง การตรวจสอบที่ต้องทำประจำทุกวันก่อนนำไปใช้ในการตรวจวินิจฉัยกับผู้ป่วย ได้แก่ ค่าพลังงานสูงสุด (photo-peak) ค่าความสม่ำเสมอ (uniformity) และค่าความละเอียดในการแยกพลังงาน ทั้งนี้เพื่อควบคุมประสิทธิภาพของเครื่อง cardiac SPECT ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ อุปกรณ์หลักที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพ คือ โคบอลต์-57 (Co-57) flood field phantom¹ โดยลักษณะของ phantom จะเป็นทรงสี่เหลี่ยมทำจากอีพอกซี (epoxy) ขนาด 43.3 x 27.7 x 1.8 เซนติเมตร และพื้นที่ใช้งาน 39.4 x 23.5 เซนติเมตร ภายในบรรจุสารกัมมันตรังสีมาตรฐาน Co-57 ซึ่งมีพลังงาน 122 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ (kiloelectron Volt; keV) ค่าครึ่งชีวิต 271 วัน และมีความแรงรังสี (radioactivity) 20 มิลลิคูรี (millicurie; mCi)² ในงานควบคุมคุณภาพของเครื่องโดยเฉพาะการหาค่าความสม่ำเสมอของภาพจำเป็นต้องใช้ phantom นี้เพื่อการปรับเทียบหัววัดให้พร้อมใช้งานในแต่ละวัน อย่างไรก็ตามค่าครึ่งชีวิตที่สั้น (271 วัน) ของสารกัมมันตรังสี Co-57 เมื่อใช้งานไปนานๆ ประมาณ 2 ปี (ประมาณครึ่งชีวิตที่ 3) จะทำให้ความแรงรังสีที่เหลือไม่เพียงพอสำหรับการทดสอบคุณภาพของเครื่องทำให้ต้องเปลี่ยน Co-57 flood field phantom ซึ่งต้องผ่านกระบวนการนำเข้า รวมถึงการจัดการกากกัมมันตรังสีที่ยุงยาก และมีราคาแพง³ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาและสร้างอุปกรณ์ทดแทน โดยการนำอะคริลิก (acrylic) ซึ่งเป็นวัสดุโปร่งใสและสามารถขึ้นรูปได้มาใช้เป็นวัสดุหลักในการสร้าง flood field phantom และใช้เทคนิค Tc-99m (Tc-99m) เป็นสารกัมมันตรังสีมาตรฐาน ซึ่งมีพลังงาน 140 keV และ ค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ 6.02 ชั่วโมง โดยข้อดีคือ สารรังสี Tc-99m เป็นสารรังสีที่ฉีดให้กับผู้ป่วยในการตรวจวินิจฉัยทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์จะทำให้ค่าที่ตรวจวัดได้มีความถูกต้องและเหมาะสม

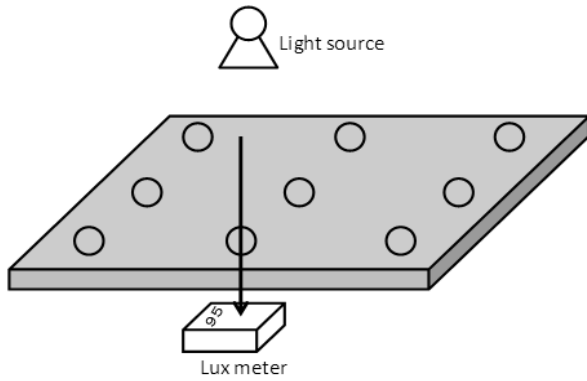
ในการใช้งานมากกว่า นอกจากนั้น ค่าครึ่งชีวิตที่สั้นทำให้สามารถจัดการเรื่องกากกัมมันตรังสีได้ปลอดภัย และสะดวกกว่า ดังนั้น ในการศึกษานี้จะนำ Tc-99m มาใช้เป็นสารกัมมันตรังสีมาตรฐานพร้อมกับออกแบบสร้าง flood field phantom ขึ้นจากอะคริลิก

วิธีการศึกษา

ออกแบบสร้าง phantom สำหรับบรรจุสาร Tc-99m โดยใช้แผ่นอะคริลิกที่มีความหนา 3 ขนาด คือ 0.3, 0.5 และ 1.0 เซนติเมตร โดยขนาดภายนอกของ phantom เท่ากับ 26.5 x 32 x 2.6 เซนติเมตร จากนั้น ทำการตรวจสอบค่าความสม่ำเสมอ โดยใช้อุปกรณ์วัดความเข้มแสงและทดสอบรอยรั่วโดยการใช้น้ำกลั่นเติมลงใน phantom ที่สร้างขึ้น เพื่อตรวจหารอยรั่วก่อนจะนำไปบรรจุสารกัมมันตรังสี จากนั้น นำ Tc-99m ที่มีค่าความแรงรังสีต่างกัน คือ 10, 15 และ 20 มิลลิคูรี ผสมกับน้ำกลั่นปริมาตร 670 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้นของสารรังสี 1.50, 22.40 และ 29.90 มิลลิคูรี/ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับและเติมลงใน phantom เพื่อเปรียบเทียบผลของความเข้มข้นของสารรังสี การตรวจสอบความสม่ำเสมอของพื้นผิว phantom

นำ phantom ที่สร้างขึ้นทั้ง 3 ขนาด (ด้วย acrylic ที่ความหนา 0.3, 0.5 และ 1.0 เซนติเมตร) ไปตรวจสอบความสม่ำเสมอของพื้นผิวโดยใช้อุปกรณ์วัดความเข้มแสงเพื่อวัดแสงที่ส่องผ่าน phantom ที่บรรจุสารละลายสีผสมอาหารและน้ำกลั่น โดยการกำหนดจุดบน phantom จำนวน 9 จุด เพื่อวัดความเข้มของแสงที่ส่องผ่านบริเวณขอบตรงกลางและมุมของพื้นผิว phantom เพื่อตรวจสอบความสม่ำเสมอของพื้นผิว phantom จากนั้น นำค่าความเข้มแสงแต่ละจุดที่วัดได้ไปหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (รูปที่ 1)

จากนั้น phantom ที่สร้างขึ้นนี้ จะถูกนำไปตรวจสอบโดยการนำไปใช้ในการควบคุมคุณภาพเครื่อง cardiac SPECT ซึ่งประกอบด้วยทดสอบ 3 หัวข้อ ได้แก่ ค่าพลังงานสูงสุด (photo-peak) ค่าความละเอียดในการแยกพลังงานและค่าความสม่ำเสมอ โดยผลที่ได้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับ



รูปที่ 1 การจัดวางอุปกรณ์วัดความเข้มแสงเพื่อวัดแสง ที่ส่องผ่าน phantom เพื่อนำไปคำนวณหาค่าความสม่ำเสมอ ของพื้นผิวของ phantom

ค่ามาตรฐานและค่าที่วัดได้จากการใช้ Co-57 flood field phantom

นำ flood phantom บรรจุลงในถุงพลาสติกเพื่อป้องกันการเปราะและป้องกันรังสี และวางบนอุปกรณ์สำหรับวาง phantom เพื่อทำการทดสอบคุณภาพของ cardiac SPECT เก็บข้อมูลโดยใช้เทคนิคการถ่ายภาพนิ่ง (static) และเก็บข้อมูลโดยการกำหนดค่านับวัดรวม เนื่องจากเครื่อง cardiac SPECT ประกอบด้วยระบบหัววัดจำนวน 19 หัววัด และการวางตำแหน่งของหัววัดจะเป็นดังรูปที่ 2 (A-C) ในการเก็บข้อมูลจะแบ่งเป็น 3 ช่วง โดยการเก็บข้อมูลในแต่ละช่วงจะใช้เวลาประมาณ 3-5 นาที

จากนั้น นำค่าที่ได้จากการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องและวิเคราะห์ผลโดยการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน และค่าที่ได้จากการตรวจสอบคุณภาพโดยใช้ Co-57 flood phantom สำหรับค่ามาตรฐานของแต่ละรายการมีค่าดังนี้

ค่าพลังงานสูงสุด (photo-peak)

ค่าพลังงานสูงสุดที่วัดได้ ต้องมีค่าอยู่ในช่วงของเกณฑ์มาตรฐาน คือ ± 1.5 keV

ค่าความสม่ำเสมอของภาพ (uniformity)

เกณฑ์มาตรฐานของค่าความสม่ำเสมอ คือ ค่าที่ได้ต้องมีค่าในช่วงมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 91 โดยสามารถคำนวณค่าความสม่ำเสมอได้จากสมการ

$$\%uniformity = \frac{\text{Total area} - \text{Error area}}{\text{Total area}} \times 100$$

เมื่อ %uniformity คือ ค่าร้อยละความสม่ำเสมอของภาพ

Total area คือ พื้นที่ทั้งหมดของ phantom

Error area คือ พื้นที่ของ phantom ที่มีจุดผิดพลาดจากการอ่านค่านับวัด

ค่าความละเอียดในการแยกพลังงาน (energy resolution)

ค่า %energy resolution เป็นค่าที่แสดงประสิทธิภาพของระบบนับวัดในการแยกรายละเอียดของพลังงานต่างๆ ออกจากกัน ดังรูปที่ 3 แสดงการคำนวณหาค่า %energy resolution และเกณฑ์มาตรฐาน คือ ค่าที่ได้ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 7.5 โดยสามารถคำนวณค่าความสม่ำเสมอได้จากค่าความกว้างที่กึ่งความสูง (Full-Width-at-Half-Maximum; FWHM)

$$\%Energy\ resolution\ (FWHM) = \frac{\Delta E\ at\ FWHM}{energy\ at\ Photopeak} \times 100$$

เมื่อ

%energy resolution คือ ความสามารถของระบบในแยกพลังงาน

ΔE at FWHM คือ ช่วงพลังงานที่มีค่านับวัดเป็นครั้งหนึ่งของค่านับวัดสูงสุด เป็นช่วงพลังงานที่อยู่ระหว่างพลังงานสูงสุด

Energy at Photo-peak คือ ค่าพลังงาน ณ ตำแหน่งที่มีค่านับวัดสูงสุด

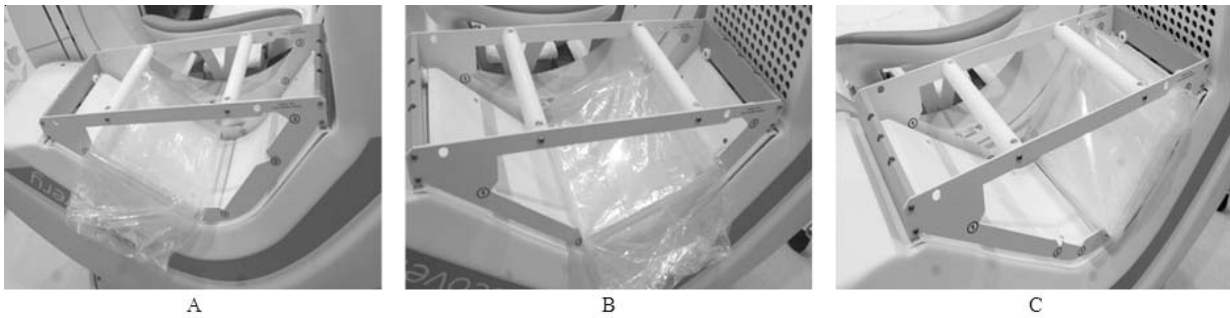
ผลการศึกษา

การทดสอบรอยรั่วและความหนาของแผ่น acrylic

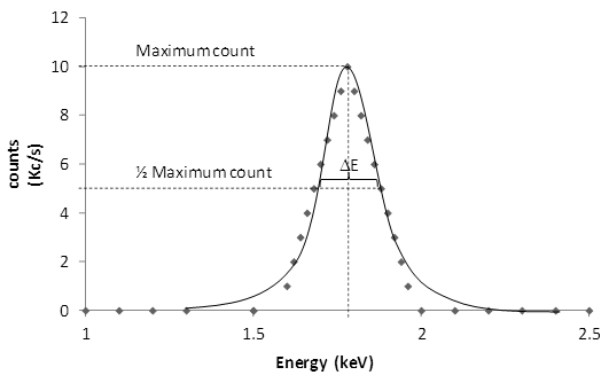
ไม่พบรอยรั่วใดๆ บนอุปกรณ์ acrylic Tc-99m flood phantom ทั้ง 3 ขนาดที่สร้างขึ้น และสามารถนำไปบรรจุสารรังสี Tc-99m เพื่อการทดสอบคุณภาพของเครื่อง cardiac SPECT สำหรับการตรวจสอบความสม่ำเสมอของพื้นผิวพบว่า แผ่น acrylic ที่หนา 0.3 และ 0.5 เซนติเมตร มีความโค้งบริเวณตรงกลางและให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความเข้มแสงเท่ากับ 32.61 และ 15.55 ตามลำดับ สำหรับแผ่น acrylic ที่ความหนา 1.0 เซนติเมตร ไม่มีความโค้งงอ เกิดขึ้น จึงนำ phantom ที่สร้างจากแผ่น acrylic ความหนา 1.0 เซนติเมตร มาใช้ในการทดสอบคุณภาพเครื่อง

ค่าพลังงานสูงสุด (photo-peak)

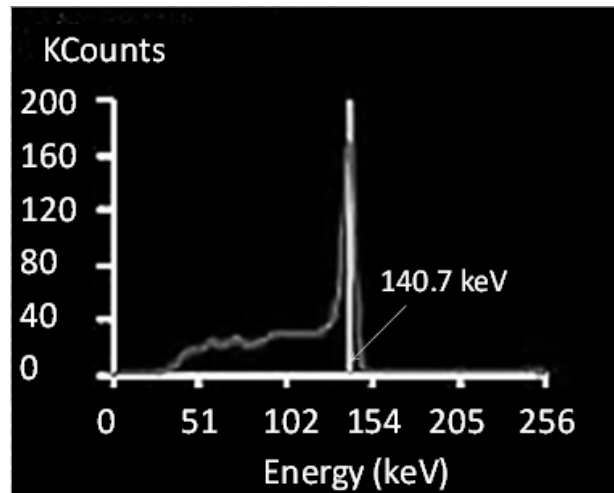
การทดสอบค่าพลังงานสูงสุดของหัววัดทั้งหมด 19 หัววัด พบว่า มีค่าเฉลี่ยของพลังงานสูงสุดของ Tc-99m เท่ากับ 140.48 keV ซึ่งค่าพลังงานของหัววัดทั้งหมด 19 หัววัด มีค่าอยู่ในช่วงที่เกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้ คือ ค่าต้องมีค่าในช่วง ± 1.5 keV ของค่าพลังงานของ Tc-99m ที่มีค่าเท่ากับ 140 keV โดยลักษณะของพลังงานสูงสุดที่วัดได้แสดงดังรูปที่ 4



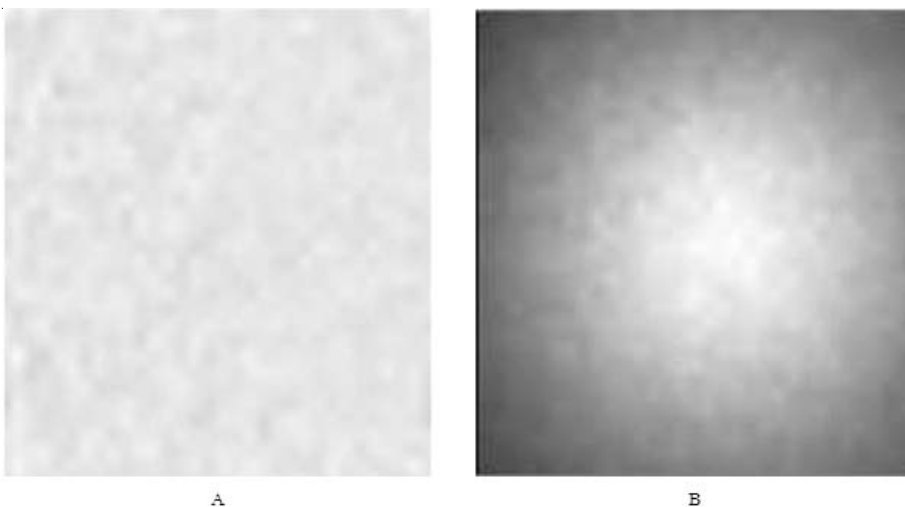
รูปที่ 2 การจัดวาง phantom ในตำแหน่งต่างๆ เพื่อการตรวจสอบประสิทธิภาพของหัววัด เนื่องจากตำแหน่งการวางหัววัดมีทั้งหมด 27 ตำแหน่ง แต่จำนวนหัววัดทั้งหมดในเครื่อง cardiac SPECT มีเพียง 19 หัววัด ดังนั้น ในบางตำแหน่งจะไม่มีหัววัด โดยภาพ A เป็นการวาง phantom เพื่อตรวจสอบคุณภาพหัววัดรังสีตำแหน่งที่ 1, 3, 10, 11, 12, 13, 19, 21 กำหนดค่านับวัดรวม 17,800 Kcounts ภาพ B เป็นการวาง phantom เพื่อตรวจสอบคุณภาพหัววัดรังสีตำแหน่งที่ 5, 14, 15, 23 กำหนดค่านับวัดรวม 7,500 Kcounts และภาพ C เป็นการวาง phantom เพื่อตรวจสอบคุณภาพหัววัดรังสีตำแหน่งที่ 7,9, 16,17,18, 25 และ 27 กำหนดค่านับวัดรวม 10,700 Kcounts



รูปที่ 3 การหาค่า %energy resolution จากค่าความกว้างที่กึ่งความสูง



รูปที่ 4 ตัวอย่างพลังงานสูงสุดของ Tc-99m ที่มีค่าอยู่ในช่วงเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้ที่ 140 ± 1.5 keV



รูปที่ 5 A แสดงการตรวจสอบความสม่ำเสมอ (uniformity) เมื่อใช้ Co-57 flood field phantom และ B แสดงความไม่สม่ำเสมอเมื่อใช้ Tc-99m flood field phantom

ผลการตรวจสอบค่าความสม่ำเสมอของภาพ พบว่า ค่าเฉลี่ยของร้อยละความคลาดเคลื่อนของค่าความสม่ำเสมอของหัวใจทั้งหมด 19 หัวใจ มีค่าเท่ากับร้อยละ 64.01 ซึ่งค่าที่วัดได้มีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ คือ ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 91 เทียบกับค่าการกระจายตัวของกัมมันตรังสีมาตรฐานภายใน flood field phantom ที่มีค่าเท่ากับร้อยละ 100 จากรูปที่ 4 แสดงการกระจายตัวของ Tc-99m ที่ไม่สม่ำเสมอเมื่อเทียบกับการใช้ Co-57 flood field phantom (รูปที่ 5) โดยบริเวณตำแหน่งตรงกลางของ phantom จะมีค่าอัตรานับวัด (Count Rate) มากกว่าตำแหน่งขอบทำให้เกิดความไม่สม่ำเสมอขึ้น **ค่าความละเอียดในการแยกพลังงาน (energy resolution)**

ผลการวัดค่า %energy resolution โดยใช้ค่า FWHM พบว่า ค่าเฉลี่ยของ %energy resolution ของหัวใจทั้งหมด 19 หัวใจ มีค่าเท่ากับร้อยละ 5.77 ซึ่งค่าที่ได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ คือ ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 7.5 ซึ่งหมายถึงระบบนับวัดมีความสามารถในการแยกพลังงานที่แตกต่างกันร้อยละ ± 5.77 ออกจากกันได้

วิจารณ์

การควบคุมคุณภาพเครื่องถ่ายภาพหัวใจสามมิติทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ (cardiac SPECT) ของบริษัท GE รุ่น Discovery 530 ผู้วิจัยได้ศึกษาออกแบบและสร้าง phantom เพื่อใช้ในการควบคุมคุณภาพ cardiac SPECT ขึ้นเพื่อทดแทนการใช้ Co-57 flood field phantom ซึ่งเป็นอุปกรณ์ สำหรับใช้ในการควบคุมคุณภาพของเครื่องในการศึกษาที่ใช้อะคริลิกเป็นวัสดุหลักในการสร้าง flood field phantom และทดแทนการใช้สารรังสี Co-57 ด้วยสารรังสี Tc-99m เป็นสารกัมมันตรังสีมาตรฐาน ซึ่งเป็นสารรังสีที่ฉีดให้กับผู้ป่วยจึงมีความถูกต้องและเหมาะสมกับงานนี้

ในการสร้าง phantom ที่ทำขึ้นจากอะคริลิกนั้นมีข้อดี คือ ราคาถูก มีน้ำหนักเบาขึ้นรูปได้ง่าย มีความแข็ง โปร่งใส ความหนาแน่นต่ำ ทนต่อสภาวะแวดล้อมได้ดี ไม่เกิดการกัดกร่อน อย่างไรก็ตาม ข้อเสียของการนำอะคริลิกมาสร้าง phantom คือ เกิดรอยขีดข่วนได้ง่าย มีความยืดหยุ่นและความโค้งงอของอะคริลิกอาจทำให้พื้นผิวเกิดความไม่สม่ำเสมอ จึงจำเป็นต้องทำการทดสอบความสม่ำเสมอหรือความเรียบของพื้นผิว phantom ก่อน ซึ่งอาจทำได้โดยใช้เครื่องวัดแสงวัดความเข้มของแสงที่ส่องผ่านพื้นผิว phantom โดยการกำหนดจุดบน phantom เพื่อวัดความเข้มของแสงที่ส่องผ่านบริเวณขอบตรงกลางและมุมของพื้นผิว phantom เพื่อตรวจสอบความสม่ำเสมอของพื้นผิว phantom ถ้าพื้นผิว phantom มีความเข้มของแสงเท่ากันทุกจุดแสดงว่าพื้นผิว phantom มีความสม่ำเสมอ นอกจากนี้ ในการเติมสารกัมมันตรังสี Tc-99m

เข้าไปใน phantom ต้องใช้ความระมัดระวังและความชำนาญ เพื่อป้องกันอันตรายจากการเปื้อนของสารรังสี

ค่าเฉลี่ยของพลังงานสูงสุดที่ได้จากการทดลองมีค่าเท่ากับ 140.48 keV ซึ่งค่าที่ได้นี้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานค่าที่ได้ คือ ต้องมีค่าในช่วง ± 1.5 keV ดังนั้น Tc-99m flood field phantom ที่สร้างขึ้นจากอะคริลิกนี้ผ่านการทดสอบค่าพลังงานสูงสุด นอกจากนั้นการทดสอบค่า %energy resolution (FWHM) พบว่า ค่าที่วัดได้มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ คือ ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 7.5 โดยค่าเฉลี่ยของ %energy resolution มีค่าเท่ากับร้อยละ 5.77 ซึ่งมีความหมายว่าระบบนับวัดมีความสามารถในการแยกพลังงานที่มีค่าต่างกันเพียงร้อยละ 5.77 ออกจากกันได้ นั่นคือระบบนับวัดสามารถแยกสเปกตรัมพลังงานที่มาจากกระเจิงของรังสี (scatter radiation) ออกจากพลังงานสูงสุด (photo-peak) ได้ส่งผลให้การนับวัดมีความถูกต้องมากขึ้น

อย่างไรก็ตาม เมื่อนำ Acrylic Tc-99m flood field phantom ไปทำการตรวจสอบค่าความสม่ำเสมอของภาพ พบว่า ค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนของความสม่ำเสมอของหัวใจ ทั้งหมด 19 หัวใจที่ได้มีค่าเท่ากับร้อยละ 64.01 ซึ่งมีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (น้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 9) อาจเนื่องมาจากการกระจายตัวของ Tc-99m ไม่สม่ำเสมอ โดยบริเวณตรงกลางของ phantom จะมีอัตรานับวัด (count rate) มากกว่าบริเวณขอบ นอกจากนั้น ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูล (ประมาณ 4 นาที/ตำแหน่ง) นานกว่า เมื่อเทียบกับการเก็บข้อมูลโดยใช้สารรังสี Co-57 (ประมาณ 2.30 นาที/ตำแหน่ง) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลภาพเพื่อการตรวจวินิจฉัย ทำให้ไม่สามารถนำ Tc-99m flood field phantom ไปใช้ในการควบคุมคุณภาพของ cardiac SPECT ได้

จากการศึกษาออกแบบสร้าง Tc-99m flood field phantom โดยใช้วัสดุอะคริลิก เพื่อใช้ในการควบคุมคุณภาพของ cardiac SPECT พบว่า ไม่สามารถนำมาทดแทนการใช้ Co-57 flood field phantom ได้ เนื่องจากไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้สำหรับการทดสอบค่าความสม่ำเสมอของ cardiac SPECT อย่างไรก็ตาม เมื่อนำ Tc-99m flood field phantom นี้ ไปทดสอบคุณภาพของ SPECT พบว่า ค่าความสม่ำเสมอผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ผลที่ได้นี้อาจเนื่องมาจากส่วนประกอบและหลักการทำงานของ cardiac SPECT ที่มีผลต่อ flood field phantom ที่สร้างจากอะคริลิกสำหรับการถ่ายภาพโดยใช้ cardiac SPECT จะใช้เวลาในการเก็บข้อมูลภาพน้อยมากเมื่อเทียบกับการถ่ายภาพด้วย SPECT ทั่วไป เนื่องจากหัวใจรังสีที่ใช้ใน cardiac SPECT เป็นหัวใจรังสีชนิดสารกึ่งตัวนำ (cadmium zinc telluride, CZT) ซึ่งสามารถเปลี่ยนรังสีเป็นสัญญาณไฟฟ้าได้โดยตรงทำให้

ลดการการสูญเสียพลังงานของรังสีที่แพร่ออกจากตัวผู้ป่วยระหว่างขั้นตอนการเปลี่ยนโฟตอนแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า^{5,6} ส่งผลให้การตรวจวินิจฉัยโรคเร็วขึ้นและภาพถ่ายที่ได้จากการสแกนมีความละเอียดและความคมชัดมากยิ่งขึ้นในขณะที่ SPECT ทั่วไปใช้หัววัดรังสีชนิดผลึก เรืองแสง NaI(Tl) เป็นการเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าทางอ้อม โดยเปลี่ยนรังสีที่ถูกดูดกลืนไว้ในผลึกให้เป็นแสงที่สามารถมองเห็นได้ จากนั้นแสงจะเคลื่อนที่ไปยังหลอด Photo Multiplier Tubes (PMT) ทำหน้าที่เปลี่ยนโฟตอนแสงในผลึกเรืองแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า⁷

ปัจจัยอื่นๆ ได้แก่ คุณสมบัติและโครงสร้างของวัสดุที่แตกต่างกันระหว่างอะคริลิกกับอีพ็อกซี ข้อเสนอแนะสำหรับการปรับปรุงพัฒนาอาจมุ่งเน้นไปที่การเปลี่ยนวัสดุที่ใช้สร้าง phantom เช่น การนำอีพ็อกซีมาใช้แทนอะคริลิก นอกจากนั้นยังสามารถใช้โลหะ เซรามิก โพลีเมอร์และวัสดุเชิงประกอบ (Composite) ซึ่งเป็นวัสดุที่นิยมใช้ในการผลิตภาชนะบรรจุเภสัชภัณฑ์และอุปกรณ์ทางการแพทย์ ซึ่งส่วนใหญ่ผู้ผลิตจะนิยมใช้โพลีเมอร์และวัสดุเชิงประกอบในกระบวนการผลิตเนื่องจากมีน้ำหนักเบาขึ้นรูปได้ง่าย มีความเหนียว ราคาถูก โปร่งใส ไม่เกิดการกัดกร่อน คุณสมบัติดังกล่าวทำให้โพลีเมอร์และวัสดุเชิงประกอบเป็นที่นิยมในกระบวนการผลิตในปัจจุบัน⁴

สรุป

จากการศึกษาออกแบบสร้าง Tc-99m flood field phantom โดยใช้วัสดุอะคริลิก เพื่อใช้ในการควบคุมคุณภาพของเครื่อง cardiac SPECT ผ่านการทดสอบการควบคุมคุณภาพของเครื่อง cardiac SPECT เพียงสองหัวข้อ คือ ค่าพลังงานสูงสุด และค่าความละเอียดในการแยกพลังงาน แต่อย่างไรก็ตามความคลาดเคลื่อนของค่าความสม่ำเสมอยังมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากการกระจายตัวที่ไม่สม่ำเสมอของ Tc-99m ซึ่งพบอัตรานับวัดบริเวณตำแหน่งตรงกลางของ phantom มากกว่าบริเวณขอบ ดังนั้น

ไม่สามารถนำ Tc-99m flood field phantom ที่สร้างขึ้นด้วยอะคริลิกไปใช้ทดแทนอุปกรณ์เดิมได้ ในการศึกษาขั้นต่อไปอาจทำได้โดยการเลือกใช้วัสดุอื่นแทนอะคริลิก เช่น เซรามิก โพลีเมอร์ หรือวัสดุเชิงประกอบอื่นๆ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ทำการวิจัยขอขอบคุณคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือในการศึกษาในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Healthcare G. Discovery NM 530c User Guide Nuclear Medicine Imaging System. Milwaukee, Wisconsin, USA.: General Electric Company; 2012.
2. Systems BM. Rectangular Cobalt-57 Flood Sources. 2013 [updated 2013; cited 2013 7 July]; Available from: <http://www.biomed.com/nuclear-medicine/products/sources/rectangular-cobalt-57-flood-sources>.
3. ยะอนันต์ น. การจัดการกากกัมมันตรังสี (5) ขั้นตอนพื้นฐานการจัดการกากกัมมันตรังสี. ศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสี สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน); [cited 2013 July 28]; Available from: <http://www0.tint.or.th/nkc/nkc51/nkc5102/nkc5102v5.html>.
4. Thailand Plo. พลาสติกสำหรับอุตสาหกรรมวัสดุอุปกรณ์ทางการแพทย์. Plastics Foresight. DECEMBER 2012 - FEBRUARY 2013:18-31.
5. Smith MF. Recent Advances in Cardiac SPECT Instrumentation and System Design. Current Cardiology Reports 2013;15:1-11.
6. Healthcare G. Alcyone Technology: White Paper. GE Healthcare; 2009.
7. Montemont G, Lux S, Monnet O, Stanchina S, Verger L, editors. Evaluation of a CZT gamma-ray detection module concept for SPECT. IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record; 2012.

