

การทดสอบคุณภาพของเครื่องซินทิลเลชัน คาเมรา ในโรงพยาบาลศรีนครินทร์

จินตนา เรียมศิริ*
ธราทิพย์ นาราวงค์*
สุวรรณี พัชวโรดม*

*หน่วยรังสีรักษาและเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ภาควิชารังสีวิทยา
คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Quality Control of Scintillation camera at Srinagarind Hospital

Jintana Reamsiri B.Sc., the Diploma in Medical Physics (Aberdeen),
Taratip Narawong B.Sc., Suwannee Pacharavarodom Cert.

in Radiological Technology

Division of Radiotherapy and Nuclear Medicine, Department of Radiology,
Faculty of Medicine, Khon Kaen University

Quality control of scintillation camera at Srinagarind Hospital is established after the initiation by the IAEA (International Atomic Energy Agency) Expert and the follow up visits by the National Quality Control Coordinator. The tests, which follow IAEA TEC-DOC 317, consist of field uniformity, window offset and varying window, spatial and energy resolution, resolving time and maximum count rate determination. It can be concluded that the camera performance is unsatisfied due to the deterioration of the system. The new camera is recommended to purchase in order to prolong the image study by nuclear medicine.

การทดสอบคุณภาพของเครื่องซินทิลเลชัน คาเมรา ในโรงพยาบาลศรีนครินทร์ ได้ริเริ่มโดยผู้เชี่ยวชาญ จากทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ และได้รับคำปรึกษาจาก ผู้ประสานงานของทบวงฯ ด้านการควบคุม คุณภาพของเครื่องมือทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ทำการทดสอบโดยใช้วิธีของ IAEA TEC-DOC 317 ประกอบด้วย ฟลัด ยูนิฟอร์มมีตี, การเปลี่ยนหน้าต่าง และการ

เปลี่ยนหน้าต่างเหนือและต่ำกว่าโฟโตฟีด, สเปเชียลและอินเนอร์จี เรโซลูชัน, รีโซฟวิ่งไทม์ และการหาคำนับวัดสูงสุด ผลการทดสอบพบว่า เครื่องซินทิลเลชัน คาเมรา มีคุณภาพไม่เป็นที่น่าพอใจ เนื่องจากการเสื่อมประสิทธิภาพของระบบ สมควรพิจารณาเครื่องรุ่นใหม่ เพื่อให้การตรวจทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ เป็นไปได้ดีและเพิ่มขึ้น

บทนำ

ปัจจุบัน การตรวจวินิจฉัยโรคด้วยเครื่องซินทิลเลชัน กล้อง เป็นที่นิยมและจำเป็นสำหรับการตรวจทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ผลการตรวจวินิจฉัยจะถูกต้องและแม่นยำเพียงใด ขึ้นอยู่กับคุณภาพของเครื่องเป็นสำคัญ เครื่องที่มีคุณภาพดี ย่อมให้ภาพที่คมชัด และรายละเอียดเกี่ยวกับสิ่งผิดปกติที่เกิดขึ้นได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังช่วยลดปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยจะได้รับ ฉะนั้น การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องซินทิลเลชัน กล้อง จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นต้องกระทำอย่างสม่ำเสมอ

ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องซินทิลเลชัน กล้อง ซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพของภาพที่ได้คือ หลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ ความผิดปกติที่จะเกิดขึ้นมาจากหลายสาเหตุด้วยกัน คือ การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมภายในห้องตรวจ เช่น การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ, กระแสไฟ, ความชื้น, ความสกปรก และที่สำคัญคือ การเสื่อมคุณภาพของส่วนประกอบภายในเครื่อง

ทฤษฎี

1. ฟิลด์ ยูนิฟอร์มิตี้ (field uniformity) เป็นการทดสอบเพื่อดูความผิดปกติของ หลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ (photomultiplier tube) โดย

1.1 พิจารณาจากความเข้มของภาพที่ได้ว่าเหมือนกันทั่วทั้งรูปหรือไม่ เมื่อใช้ต้นกำเนิดรังสีแกมมาอย่างสม่ำเสมอ (uniform source of gamma ray-emitting radionuclide มีการทดสอบ 2 ลักษณะคือ แบบไม่ใช้คอลลิเมเตอร์ (intrinsic) และแบบใช้คอลลิเมเตอร์ (extrinsic) โดยใช้ต้นกำเนิดรังสีแบบจุด (point source และแผ่น-

ทอมฟลัด (flood phantom) สำหรับการทดสอบแบบไม่ใช้และใช้คอลลิเมเตอร์ ตามลำดับ การทดสอบแบบใช้คอลลิเมเตอร์ สามารถคำนวณหาความไวของเครื่อง (flood sensitivity) ได้ด้วย

1.2 การเปลี่ยนหน้าต่าง (vary window) และการเปลี่ยนหน้าต่างเหนือและต่ำกว่าโฟโตพีค (window offset) เป็นการทดสอบดูความผิดปกติของหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ เมื่อเปลี่ยนหน้าต่างเป็นที่ร้อยละ 5, 10, 15, และ 20 และเมื่อเลื่อนหน้าต่างไป 20 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ทางสูงและต่ำจากโฟโตพีคของเทคนีเชียม 99-เอ็ม โดยใช้ความกว้างของหน้าต่าง ร้อยละ 20 มีการทดสอบทั้งแบบใช้และไม่ใช้คอลลิเมเตอร์

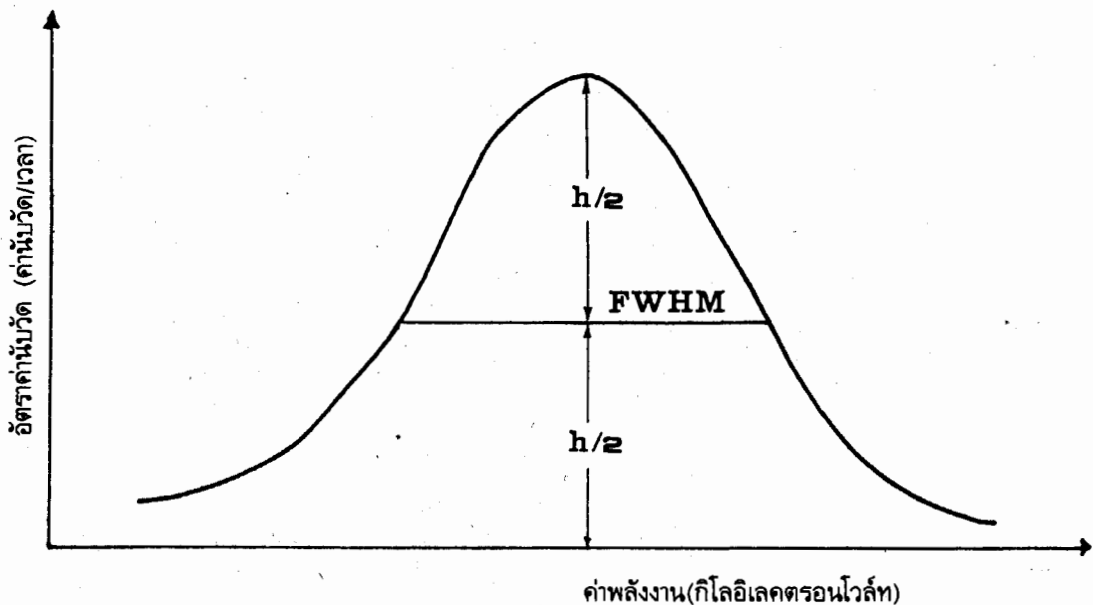
2. สเปเชียล เรโซลูชัน (spatial resolution) เป็นการทดสอบความสามารถของเครื่องในการแยกแยะตะกั่วที่ฝังอยู่ในเพอร์สเปกซ์ของแผ่นทอม 90° บาร์ควอดแกรนท์ ความกว้างของแถบตะกั่วเท่ากับช่องว่างระหว่างแถบ มีความกว้าง 4 ขนาด แต่ละขนาดจัดเรียงกันให้ทำมุม 90° กับแถบอื่นๆ มีการทดสอบ 2 ลักษณะ เช่นเดียวกับข้อ 1

3. อีเนอร์จี เรโซลูชัน (energy resolution) เป็นการทดสอบความสามารถของเครื่องในการแยกพลังงานของรังสีแกมมา จากรังสีหักเห (scatter radiation) วิธีการหาค่าอีเนอร์จี เรโซลูชันคือ นำค่านับวัด และค่าพลังงาน มาวาดสเปกตรัมของเทคนีเชียม ดังรูปที่ 1

จากรูปที่ 1 วัดระยะสูงสุดของสเปกตรัมเป็นค่า $h/2$ เป็นค่า FWHM (full width at half maximum) คำนวณหาค่าอีเนอร์จี เรโซลูชันจากสูตร

อีเนอร์จี เรโซลูชัน (%FWHM) =

$$\frac{\text{FWHM} \cdot 100}{\text{ค่าพลังงานที่ได้ค่านับวัดสูงสุด}} \%$$



รูปที่ 1 สเปกตรัมของเทคนิเชียม

4. คุณสมบัติในการนับวัด (count rate performance) เป็นการทดสอบเพื่อดูการทำงานของเครื่องแบ่งการทดสอบได้เป็น

4.1 รีโซฟวิ่งไทม์ (resolving time) เป็นการทดสอบความสามารถของเครื่อง ในการรับ

สัญญาณจากรังสีแกมมาแต่ละตัว ว่าเมื่อรังสีแกมมาหลาย ๆ ตัว เข้ามาในเครื่องพร้อม ๆ กัน เครื่องจะสูญเสียเวลาในการนับวัดรังสีแกมมาแต่ละตัวนานเพียงใด เป็นการทดสอบแบบไม่ใช้คอลลิเมเตอร์

สูตรการคำนวณหารีโซฟวิ่งไทม์

$$T = \frac{2(R_{12} - Bkg)}{(R_1 + R_2 - Bkg)^2} \ln \left(\frac{R_1 + R_2 - Bkg}{R_{12} - Bkg} \right) \cdot 10^6 \text{ usec}$$

โดย R_1 = อัตราค่านับวัด ที่ได้จากการนับวัดเฉพาะต้น

กำเนิดรังสีหลอดที่ 1 (cps = count per second)

R_2 = อัตราค่านับวัด ที่ได้จากการนับวัดเฉพาะต้นกำเนิด

รังสีหลอดที่ 2 (cps)

R_{12} = อัตราค่านับวัดที่ได้จากการนับวัดต้นกำเนิด

รังสีหลอดที่ 1, 2 (cps)

$R_1 + R_2$ = อัตราค่านับวัด ที่ได้จากผลบวกของ

ค่านับวัดต้นกำเนิดรังสีหลอดที่ 1 กับ 2 (cps)

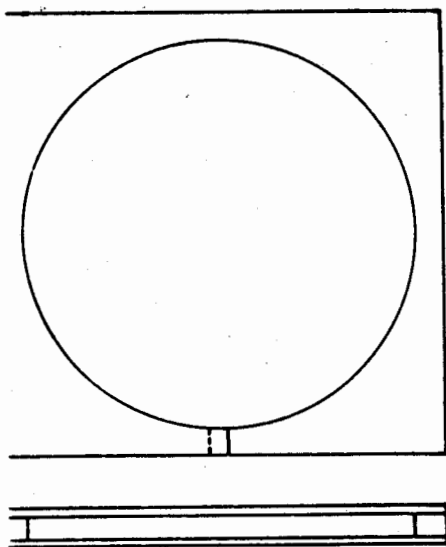
Bkg = อัตราค่านับวัดของห้อง เมื่อปราศจากต้นกำเนิด

รังสีทุกชนิด (cps)

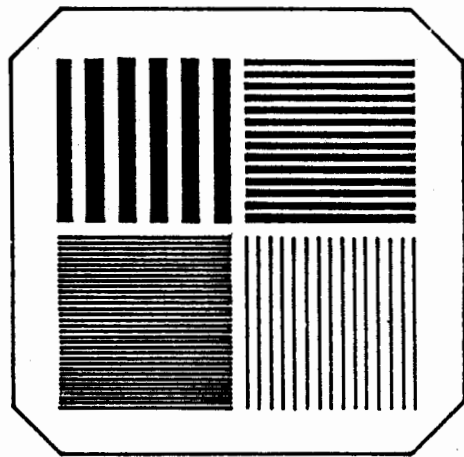
4.2 การหาค่านับวัดสูงสุด (maximum count rate) เป็นการทดสอบว่า เครื่องจะนับวัดรังสีแกมมาได้สูงสุดที่ระยะที่ต้นกำเนิดรังสี อยู่ห่างจากหลอดวัดรังสี (detector) เป็นระยะเท่าใด เป็นการทดสอบแบบไม่ใช้คอลลิเมเตอร์

วัสดุและอุปกรณ์

1. เครื่องซินทิลเลชัน คาเมรา รุ่น DYMAX ของบริษัท Elscint พร้อมคอลลิเมเตอร์ชนิดที่ให้เรโซลูชันสูง สำหรับรังสีแกมมาพลังงานต่ำ (high resolution low energy collimator)
2. แผ่นทอมสแลต ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 ซม.
3. แผ่นทอม 90° บาร์กวอดแดรนท์ ขนาดของบาร์เป็น 9.5, 6.4, 4.8 และ 4.0 มม. ตามลำดับ
4. สารละลาย โซเดียมเปอร์เทคนีเตท (เทคนีเชียม 99-เอ็ม)
5. กระบอกฉีดยา พูเบอร์กูลิน



รูปที่ 2 แผ่นทอมสแลต



รูปที่ 3 แผ่นทอม 90° บาร์กวอดแดรนท์

วิธีการ

ในการทดสอบครั้งนี้ ตั้งเครื่องให้รับพลังงานที่โฟโตฟิค 132 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ ของเทคนีเชียม 99-เอ็ม บันทึกภาพด้วยฟิล์มเอ็กซเรย์

1. การทดสอบฟิล์ม ยูนิฟอร์มิตี้ แบบอิน-ทรินสิค

1.1 ถอดคอลลิเมเตอร์ออก หางหลอดวัดรังสีขึ้น

1.2 ใส่แหวนตะกั่ว (lead ring) ลงบนผลึกวัดรังสี

1.3 แขนงต้นกำเนิดรังสีชนิดจุด ที่มี ความแรงประมาณ 400 ไมโครคูรี ไว้เหนือจุดกึ่งกลางผลึกวัดรังสี ที่ระยะห่าง 1.5 เมตร

1.4 เปิดหน้าต่าง 30 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ บันทึกภาพผลึกให้ได้ค่านับวัด $2 \cdot 10^6$

1.5 เปลี่ยนหน้าต่าง ให้เหนือจากโฟโตฟิคของเทคนีเชียม 99-เอ็ม 20 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ บันทึกภาพผลึก ให้ได้ค่านับวัด $2 \cdot 10^6$ และบันทึกเวลาที่ใช่ไป

1.6 เปลี่ยนหน้าต่าง ให้ต่ำจากไฟโตฟิคของเทมน์เซียม 99- เอ็ม 20 กิโลอิเล็กตรอน-โวลท์ บันทึกภาพผลัด ให้ได้ค่านับวัด 2.10^6 และบันทึกเวลาที่ใช้ไป

1.7 ตั้งไฟโตฟิค ที่ไฟโตฟิคของเทมน์เซียม 99- เอ็ม เปลี่ยนหน้าต่างเริ่มจากที่ร้อยละ 5 (7 กิโลอิเล็กตรอนโวลท์), 10, 15, และ 20 ตามลำดับ

1.8 บันทึกเวลาและภาพผลัดให้ได้ค่านับวัด 2.10^6 สำหรับแต่ละหน้าต่าง

2. การทดสอบสเปเชียล เรสโซลูชัน แบบอินทรินสิค

2.1 ถอดคอลลิเมเตอร์ออก หางยาลอดวัดรังสีขึ้น ใส่วงแหวนตะกั่วลงบนผลึกวัดรังสี

2.2 แขนวนต้นกำเนิดรังสีชนิดจุด ที่มีความแรงประมาณ 400 ไมโครคูรี ไว้เหนือจุดกึ่งกลางผลึกวัดรังสีที่ระยะห่าง 1.5 เมตร

2.3 วางแผ่นทอม 90 บาร์คิวอด-แดรนที่ บนหน้าผลึกวัดรังสี

2.4 เปิดหน้าต่าง 30 กิโลอิเล็กตรอน-โวลท์ บันทึกภาพให้ได้ค่านับวัด 2.10^6

3. การทดสอบอินเนอร์จี เรสโซลูชัน แบบอินทรินสิค

3.1 ถอดคอลลิเมเตอร์ออก หางยาลอดวัดรังสีขึ้น ใส่วงแหวนตะกั่วลงบนผลึกวัดรังสี

3.2 แขนวนต้นกำเนิดรังสีชนิดจุด ที่มีความแรงประมาณ 200 ไมโครคูรี เหนือจุดกึ่งกลางผลึกวัดรังสีที่ระยะห่าง 1.5 เมตร

3.3 เปิดหน้าต่างที่ 10 กิโลอิเล็กตรอนโวลท์ ตั้งเวลาในการนับวัด 10 วินาทีต่อครั้ง

3.4 เปลี่ยนค่าพลังงาน (centerline) เป็นค่าต่างๆ บันทึกค่านับวัดที่ได้

3.5 นำค่านับวัดที่พลังงานต่างๆ มาวาดสเปกตรัมของเทมน์เซียม

4. การทดสอบคุณสมบัติในการนับวัด

4.1 การหาค่ารีโซฟวิ่งไทม์

4.1.1 ถอดคอลลิเมเตอร์ออก ให้หลอดวัดรังสีอยู่ในระยะสูงสุด วัดแบกกราวด์ของห้องขณะปราศจากรังสีทุกชนิด

4.1.2 ทำเครื่องหมายกึ่งกลางผลึกวัดรังสี ที่แกนขาตั้งเครื่อง

4.1.3 ใช้ต้นกำเนิดรังสีชนิดจุด ที่มีความแรงประมาณ 800 - 200 ไมโครคูรี จำนวน 2 หลอด

4.1.4 เปิดหน้าต่าง 30 กิโลอิเล็กตรอนโวลท์ ตั้งเวลาในการนับวัด 10 วินาทีต่อครั้ง

4.1.5 วางต้นกำเนิดรังสีหลอดที่ 1 ที่เครื่องหมายกึ่งกลาง ซึ่งห่างจากหลอดวัดรังสี 1.5 เมตร บันทึกค่านับวัด

4.1.6 วางต้นกำเนิดรังสีหลอดที่ 2 บันทึกค่านับวัดของต้นกำเนิดรังสีทั้งสองหลอด

4.1.7 นำต้นกำเนิดรังสีหลอดที่ 1 ออก บันทึกเฉพาะค่านับวัดของต้นกำเนิดรังสีหลอดที่ 2 ทำซ้ำ 2 ครั้ง

4.1.8 นำต้นกำเนิดรังสีหลอดที่ 1 มารวมกับต้นกำเนิดรังสีหลอดที่ 2 บันทึกค่านับวัด ของต้นกำเนิดรังสีทั้งสองหลอด

4.1.9 นำต้นกำเนิดรังสีหลอดที่ 2 ออก บันทึกเฉพาะค่านับวัดของต้นกำเนิดรังสีหลอดที่ 1

4.1.10 นำข้อมูลทั้งหมด มาหาค่ารีโซฟวิ่งไทม์

4.2 การหาค่านับวัดสูงสุด

4.2.1 ถอดคอลลิเมเตอร์ออก หาง

หลอดวัดรังสีขึ้น

4.2.2 ติดวงแหวนตะกั่วเข้ากับ
ผลึกวัดรังสี เพื่อมิให้วงแหวนตะกั่วเลื่อนหลุดได้

4.2.3 หมุนหลอดวัดรังสี ให้ทำมุม
90° กับพื้นห้อง

4.2.4 แขนงดันกำเนิดรังสีชนิดจุด
ที่มีความแรงประมาณ 200 ไมโครคูรี ให้ห่างจาก
จุดกึ่งกลางผลึกวัดรังสี เป็นระยะประมาณ 40
ซ.ม.

4.2.5 เปิดหน้าต่าง 30 กิโลอิ-
เลกตรอนโวลต์ ตั้งเวลาในการนับวัด 10 วินาที
ต่อครั้ง

4.2.6 เลื่อนต้นกำเนิดรังสี ให้เข้า
ใกล้ผลึกวัดรังสีครั้งละ 5 ซ.ม. จะได้ค่านับวัด
ที่เพิ่มขึ้น จนได้ค่านับวัดสูงสุดที่ระยะหนึ่ง และ
ค่านับวัดจะลดลงเมื่อเข้าใกล้ผลึกวัดรังสี

4.2.7 บันทึกระยะและค่านับวัด
สูงสุด

5. การทดสอบฟิล์ม ยูนิฟอร์มีตี แบบ
เอ็กซ์ทรินสิค

5.1 หางยหลอดวัดรังสีพร้อมคอลิเมเตอร์
ชนิดที่ให้เรโซลูชันสูง สำหรับรังสีแกมมา
พลังงานต่ำ

5.2 วางแผ่นพลาสติกเพื่อป้องกันการ
เปราะเปื้อน บนหน้าคอลิเมเตอร์

5.3 วางแผ่นทอมผลัดที่บรรจุ เทม-
นีเซียม 99- เอ็ม ประมาณ 4 มิลลิกรัม

5.4 เปิดหน้าต่าง 30 กิโลอิเล็กตรอน
โวลต์ บันทึกภาพผลัดให้ได้ค่านับวัด 2.10^6

5.5 เปลี่ยนหน้าต่าง ให้เหนือจากไฟ-
โตฟิคของเทมนีเซียม 99- เอ็ม 20 กิโลอิ-
เลกตรอนโวลต์ บันทึกภาพผลัดให้ได้ค่านับวัด
 2.10^6 และบันทึกเวลาที่ใช่ไป

5.6 เปลี่ยนหน้าต่าง ให้ต่ำจากไฟโตฟิค
ของเทมนีเซียม 99- เอ็ม 20 กิโลอิเล็กตรอน
โวลต์ บันทึกภาพผลัดให้ได้ค่านับวัด 2.10^6
และบันทึกเวลาที่ใช่ไป

5.7 ตั้งไฟโตฟิค ที่ไฟโตฟิคของเทม-
นีเซียม 99- เอ็ม เปลี่ยนหน้าต่างเริ่มจากที่
ร้อยละ 5 (7 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์), 10, 15,
และ 20 ถ่ายภาพผลัดให้ได้ค่านับวัด 2.10^6
สำหรับแต่ละหน้าต่าง

6. การทดสอบสเปเชียล เรโซลูชัน แบบ
เอ็กซ์ทรินสิค

6.1 หางยหลอดวัดรังสีพร้อมคอลิเมเตอร์
ชนิดที่ให้เรโซลูชันสูงสำหรับรังสีแกมมาพลังงาน
ต่ำ

6.2 วางแผ่นพลาสติกเพื่อป้องกันการ
เปราะเปื้อน บนหน้าคอลิเมเตอร์

6.3 วางแผ่นทอม 90° บาร์กวอด-
แดรนท์ บนหน้าคอลิเมเตอร์

6.4 วางทับด้วยแผ่นทอมผลัด ที่บรรจุ
เทมนีเซียม 99- เอ็ม ประมาณ 4 มิลลิกรัม

6.5 เปิดหน้าต่าง 30 กิโลอิเล็กตรอน-
โวลต์ บันทึกภาพให้ได้ค่านับวัด 2.10^6

7. การทดสอบอินเนอร์จี เรโซลูชัน แบบ
เอ็กซ์ทรินสิค

7.1 หางยหลอดวัดรังสีพร้อมคอลิเมเตอร์
ชนิดที่ให้เรโซลูชันสูงสำหรับรังสีแกมมาพลังงาน
ต่ำ

7.2 วางแผ่นพลาสติกเพื่อป้องกันการ
เปราะเปื้อน บนหน้าคอลิเมเตอร์

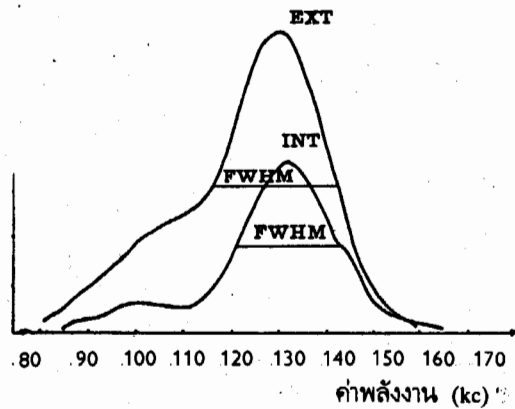
7.3 วางแผ่นทอมผลัด ที่บรรจุเทมนี-
เซียม 99- เอ็ม ประมาณ 4 มิลลิกรัม บนหน้า
คอลิเมเตอร์

7.4 เปิดหน้าต่างที่ 10 กิโลอิเล็ก-
ตรอนโวลต์ ตั้งเวลาในการนับวัด 10 วินาทีต่อ
ครั้ง

7.5 เปลี่ยนค่าพลังงาน (centerline)
เป็นค่าต่างๆ บันทึกค่านับวัดที่ได้

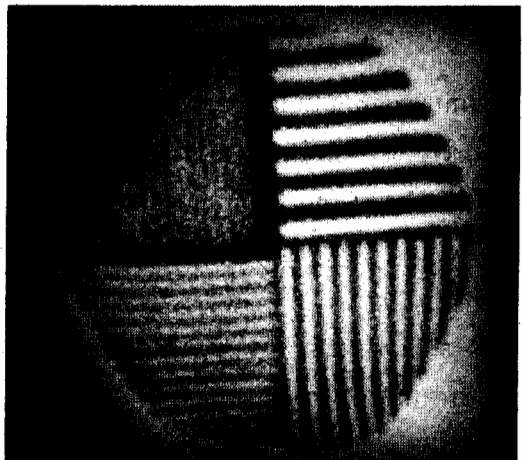
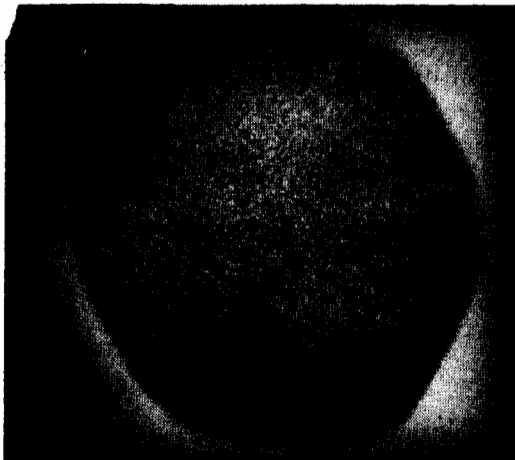
7.6 นำค่านับวัดที่พลังงานต่างๆ มา
วาดสเปกตรัมของเทคนิเชียม

อัตราการนับวัด (kc/10 sec)

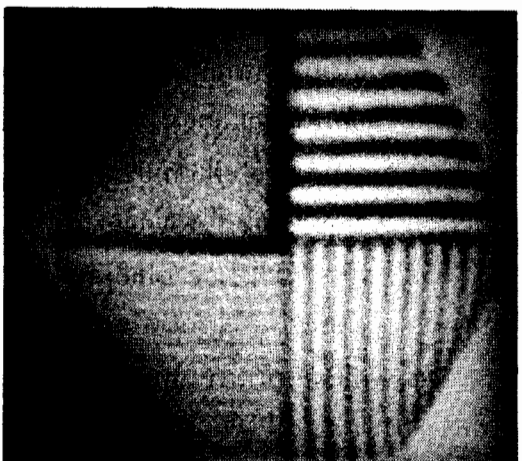
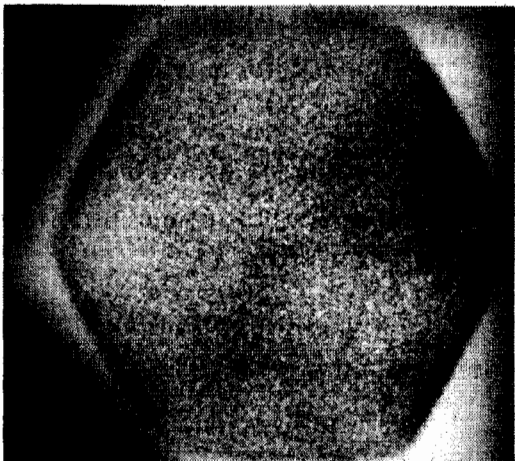


อินเนอร์จี เรสโซลูชัน แบบอินทรีนสิก = $\frac{21.00}{131.5} = 15.97\%$

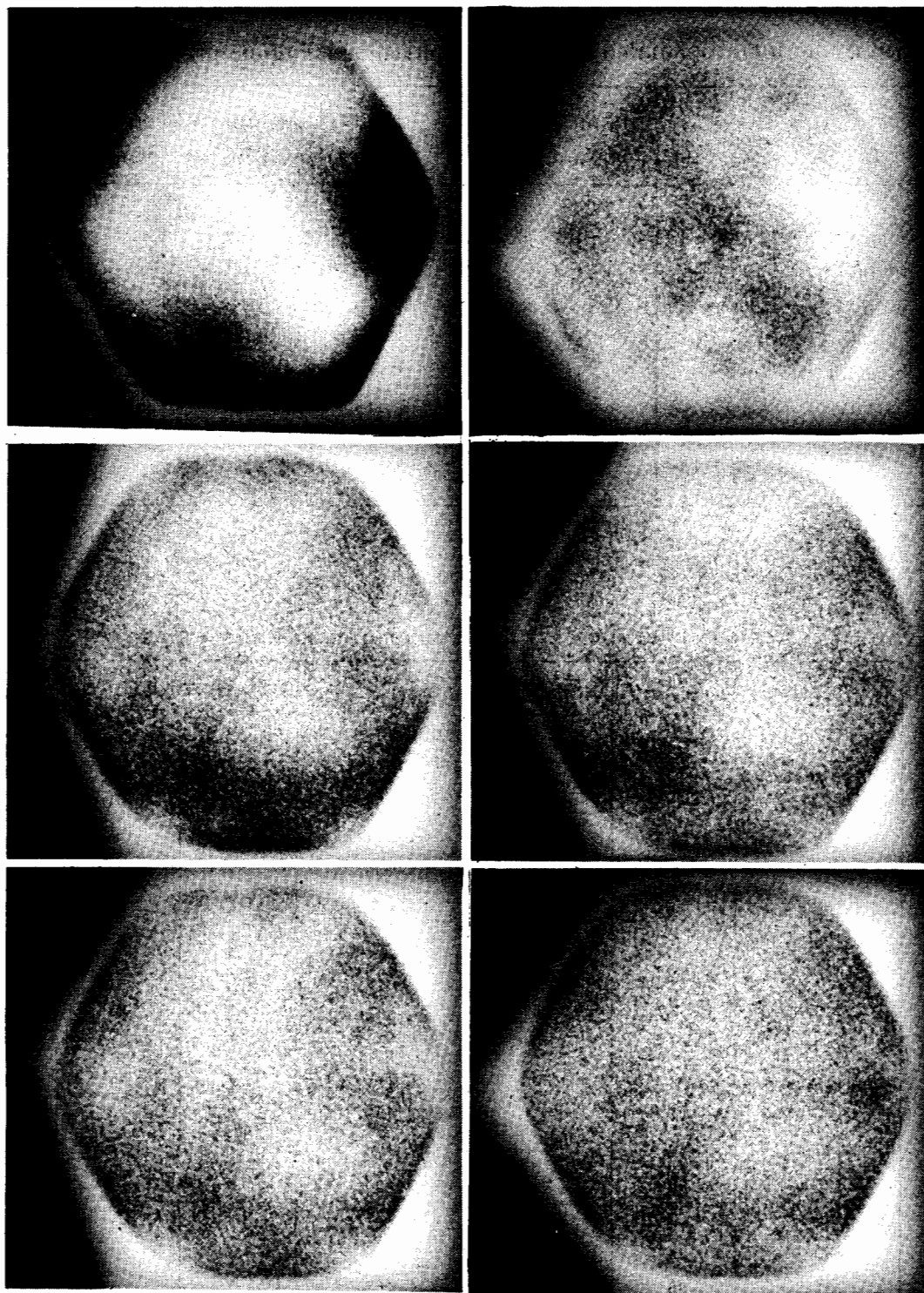
อินเนอร์จี เรสโซลูชัน แบบเอ็กซ์ทรีนสิก = $\frac{25.00}{130.5} = 19.16\%$



รูปที่ 5 พิลด์ ยูนิฟอร์มมีค และ สเปกตรัมเรสโซลูชันแบบอินทรีนสิก



รูปที่ 6 พิลด์ ยูนิฟอร์มมีค และ สเปกตรัมเรสโซลูชันแบบเอ็กซ์ทรีนสิก



รูปที่ 7 การตอบสนองอย่างไม่สม่ำเสมอแบบอินทรินสิค เมื่อเปลี่ยนหน้าต่างที่เหนือและต่ำกว่าโฟโตพิก และเมื่อเปลี่ยนหน้าต่างไปที่ร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบฟิลด์ ยูนิฟอร์มิตีและสเปเชียลเรสโซแนนซ์แบบอินทรีนสิก

วิธีการ	โฟโตทีก (กิโลอิเล็กตรอนโวลต์)	ค่านับวัด	เวลา (วินาที)	อัตราค่านับวัด (ค่านับวัด/เวลา)	หน้าต่าง (กิโลอิเล็กตรอนโวลต์)
ต้นกำเนิดรังสีแบบจุด	132	2.10^6	190.8	10510	30
ต้นกำเนิดรังสีแบบจุด +	132	2.10^6	366.9	5451	30
แผ่นทอม 90° บาร์กวอดแคเรนที	152	2.10^6	708.7	2822	30
เปลี่ยนหน้าต่าง ทางสูง ทางต่ำ	112	2.10^6	409.7	4881	30
เปลี่ยนหน้าต่าง	132	2.10^6	958.5	2086	ร้อยละ 5
	132	2.10^6	355.6	5624	ร้อยละ 10
	132	2.10^6	248.1	7061	ร้อยละ 15
	132	2.10^6	208.6	9588	ร้อยละ 20

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบอินเนอร์จี เรสโซแนนซ์แบบอินทรีนสิกและเอ็กซ์ทรีนสิก

ค่าพลังงาน (กิโลอิเล็กตรอนโวลต์)	อัตราค่านับวัด (kc/10 sec)		ค่าพลังงาน (กิโลอิเล็กตรอนโวลต์)	อัตราค่านับวัด (kc/10 sec)	
	อินทรีนสิก	เอ็กซ์ทรีนสิก		อินทรีนสิก	เอ็กซ์ทรีนสิก
80	0	1	133	36	61
90	2	8	134	34	58
95	5	18	136	31	52
100	6	18	138	28	44
105	6	22	140	23	38
110	5	24	142	18	29
112	6	25	144	17	23
115	8	30	146	11	16
117	10	33	148	7	12
120	17	41	150	5	8
122	20	46	152	4	6
125	28	58	155	2	3
127	32	62	157	1	2
130	36	64	160	0	1
131	36	64	162	0	1
132	36	63	165	0	0

ตารางที่ 3 แสดงผลการหาครึ่งชีวิต

อัตราค่านับวัดแบบกราวด์ของห้อง = 120 cps

ต้นกำเนิดรังสี	ความแรง (ไมโครคูรี)	การทดสอบครั้งที่ 1		การทดสอบครั้งที่ 2	
		อัตราการนับวัด (kc/10 sec)	อัตราการนับวัด -Bkg (cps)	อัตราการนับวัด (kc/10 sec)	อัตราการนับวัด -Bkg (cps)
หลอดที่ 1 (R ₁)	702	548	54680	547	54580
หลอดที่ 1 รวมกับ		899	89780	897	89580
หลอดที่ 2 (R ₁₂)					
หลอดที่ 2 (R ₂)	722	553	55180	550	54880
หลอดที่ 1 + หลอดที่ 2 (R ₁ + R ₂)	1424		109860		109460

คำนวณหาค่า ครึ่งชีวิต จากสูตร

$$T = (2 (R_{12} - Bkg) / (R_1 + R_2 - 2 Bkg))^2 \ln(R_1 + R_2 - 2 Bkg) / (R_{12} - Bkg) \cdot 10^6 \mu\text{sec}$$

$$T_1 = 3.003 \mu\text{sec}, T_2 = 2.996 \mu\text{sec}$$

$$T = 3.00 \mu\text{sec}$$

หมายเหตุ ค่าตัวแปรต่างๆ ดูรายละเอียดจากหัวข้อที่ 4.1 ในภาคทฤษฎี
ผลการหาค่านับวัดสูงสุด ได้ระยะที่ 30 ซม. ห่างจากหลอดวัดรังสี
อัตราค่านับวัด = 140.2 (kilocount per second)

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบฟลัด ยูนิฟอร์มิตี และสเปเชียลเรสโซลูชันแบบเอ็กซ์ทรีม

วิธีการ	โฟโตฟีด (กิโลอิเล็กตรอนโวลต์)	ค่านับวัด	เวลา (วินาที)	อัตราการนับวัด (ค่านับวัด/เวลา)	หน้าต่าง (กิโลอิเล็กตรอนโวลต์)
แผ่นทอมฟลัด	132	2.10^6	161.2	12407	30
แผ่นทอมฟลัด + แผ่นทอม					
90° บาร์กวอดแคเรนซ์	132	2.10^6	304.5	6568	30
เปลี่ยนหน้าต่าง ทางสูง	152	2.10^6	678.1	2949	30
ทางต่ำ	112	2.10^6	247.8	8071	30
เปลี่ยนหน้าต่าง	132	2.10^6	912.5	2192	ร้อยละ 5
	132	2.10^6	324.4	6165	ร้อยละ 10
	132	2.10^6	214.5	9324	ร้อยละ 15
	132	2.10^6	175.5	11396	ร้อยละ 20

ความไวของเครื่อง (flood sensitivity) = 2954 cps/mCi (count per second per millicurie)

วิจารณ์

การพิจารณาผลการทดสอบ สำหรับตารางที่ 1 จากการเปรียบเทียบกับข้อกำหนดของเครื่องในรุ่นนี้ ความไวของเครื่องควรมีค่า 100 cps/ μ ice (count per second per microcurie) แต่จากผลการทดสอบในครั้งนี้ ค่าความไวของเครื่องได้เพียง 28 cps/ μ ice ซึ่งแตกต่างจากค่าที่ควรจะเป็นถึง 82% แสดงถึงความเสื่อมประสิทธิภาพของเครื่องเป็นอย่างมาก เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5 และ 6 จะสังเกตเห็นการตอบสนองอย่างไม่สม่ำเสมอ (non-uniformity) หลายบริเวณ ได้พยายามแก้ไข โดยการปรับเกน (gain) ของหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์หลายครั้ง แต่ก็ยังไม่สามารถแก้ไข ฟิลด์ ยูนิฟอร์มมิตี ให้ดีขึ้นได้ สันนิษฐานว่า เกนของหลอดจะไม่เท่ากัน ผลจากการเปลี่ยนหน้าต่างที่หน้าต่างร้อยละ 20 ให้ฟิลด์ ยูนิฟอร์มมิตี ดีที่สุด โดยสเปเชียล เรสโซลูชัน อยู่ในเกณฑ์ดี และให้อัตราคำนับวัดสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับค่าอื่น ๆ

จากข้อกำหนดของเครื่อง สำหรับค่าสเปเชียล เรสโซลูชัน บ่งว่าความกว้างของแถบตะกั่ว ที่เครื่องสามารถแยกได้เท่ากับ 3.2 ม.ม. แต่เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5 จะเห็นว่าระบบสามารถแยกแถบตะกั่ว ได้ชัดเจนที่ความกว้าง 4.8 ม.ม. ซึ่งต่างจากข้อกำหนดของเครื่องอยู่ 1.6 ม.ม. หรือร้อยละ 50 และสำหรับแบบอิเล็กทรอนิกส์ ที่แถบตะกั่วหนา 4 ม.ม. ไม่สามารถแยกความแตกต่างได้เลย ทำให้เมื่อทำการตรวจผู้ป่วย ภาพที่ได้จะสูญเสียรายละเอียดของภาพไป และ แถบตะกั่วบนภาพมีการบิดเบือน (distortion) ซึ่งเป็นผลจากการตอบสนองอย่างไม่สม่ำเสมอนั่นเอง

อินเนอร์จี เรสโซลูชัน ตามทฤษฎี สำหรับเทคนิคซีเอ็ม 99-เอ็ม ซึ่งมีพลังงาน 140 กิโล-

อิเล็กตรอนโวลต์ มีค่าร้อยละ 11.5 แต่จากการทดสอบเพิ่มเติม หากใช้อินเนอร์จี เรสโซลูชัน 10 ครั้ง เพื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่าค่าเฉลี่ยของอินเนอร์จี เรสโซลูชัน มีค่าร้อยละ 16.97 ซึ่งแตกต่างจากทฤษฎี ร้อยละ 46 ค่าที่ทดสอบได้นี้ เมื่อคำนวณทางสถิติ (t-test) สรุปได้ว่ามีความแตกต่างจากค่าทางทฤษฎีอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับค่าอินเนอร์จี เรสโซลูชัน แบบอิเล็กทรอนิกส์ ไม่สามารถหาค่าอ้างอิงได้ เนื่องจากการอ้างอิงจะต้องอ้างอิงจากค่าเริ่มแรกของการติดตั้งเครื่อง ซึ่งเครื่องนี้ทำได้ทั่วไป

รีโซฟวิ่งไทม์ จากข้อกำหนดของเครื่อง มีค่าน้อยกว่า 1.5 μ sec แต่จากการทดสอบมีค่า 3.0 μ sec ซึ่งแตกต่างจากข้อกำหนดถึง 1.5 μ sec หรือร้อยละ 50 แสดงว่า เวลาที่เครื่องใช้ในการรับสัญญาณ นานมากกว่าข้อกำหนดถึง 2 เท่า ทำให้มีการสูญเสียค่านับวัด (count rate loss) ในระบบเพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ความไวของเครื่องลดลง นั่นคืออัตราคำนับวัดต่ำกว่าข้อกำหนดมาก ดังได้กล่าวข้างต้น

ในการแก้ไขเพื่อยกระดับคุณภาพของเครื่องให้ดีขึ้น เพื่อจะให้ภาพที่ดีขึ้นด้วยนั้น เป็นเรื่องจำเป็น แต่ในกรณีเครื่องรุ่นนี้ อาจมีปัญหาในด้านส่วนประกอบทดแทน (spare part) เนื่องจากเป็นเครื่องรุ่นเก่ามากและส่วนประกอบทดแทนเลิกผลิตแล้ว ผลการแก้ไขอาจไม่คุ้มค่า ทั้งนี้เพราะอายุการใช้งานนานมาก สมควรพิจารณาเครื่องรุ่นใหม่แทน

สรุป

คุณภาพของเครื่องซินทิลเลชัน คาเมรา มีความสำคัญต่อการวินิจฉัยโรคทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ การทดสอบคุณภาพอย่างสม่ำเสมอ

จะช่วยให้เห็นข้อผิดพลาด และทำการแก้ไข
ในกรณีเครื่องนี้ได้พยายามแก้ไข แต่ยังไม่สามารถ
ทำให้คุณภาพของภาพดีขึ้นได้ สาเหตุจากอายุ
การใช้งานนาน, เครื่องร้อนเกินไป และขาดแคลน
ส่วนประกอบทดแทน อย่างไรก็ตาม เมื่อมีการ
ทดสอบทุกครั้งจะต้องเก็บผลการทดสอบเป็น
อย่างดีและสม่ำเสมอ เพื่อเปรียบเทียบกับการ
ทดสอบครั้งต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. International Atomic Agency, Quality Control of Nuclear Medicine Instruments. IAEA TEC-DOC 317. IAEA Vienna. 1984
2. Marilyn R. Muilenburg, Mark I. Muilenburg. Quality Assurance of instruments. Nuclear Medicine Technology and Technology and Techniques. St. Louis : The C.V. Mosby Company. 1981 : 113-127
3. ELSCINT. Operation Manual Gamma Camera Model DYMAX-UF : ELSCINT LTD