บทที่ 7

การสรุปและวิเคราะห์ผลการวิจัย

บทนำ

ผลการวิจัยการควบคุมคุณภาพของเครื่องมือสร้างภาพแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

ก. ผลการวิจัยเครื่องมือถ่ายภาพรังสีแกมมา

ข. ผลการวิจัยเครื่องมือสร้างภาพเรคติลิเนียร์สแกนเนอร์

7.1 ผลการวิจัยเครื่องมือถ่ายภาพรังสีแกมมาแสดงไว้ดังตารางที่ 7.1, 7.2 และ 7.3 คือ

ตารางที่ 7.1 ผลการหาความสม่ำเสมอของภาพของเครื่องถ่ายภาพรังสีแกมมา

การทดลอง	เปอร์เซนต์ความสม่ำเสมอ		ขอบเขตสูงสุดที่ยอมรับการทำงาน
ภาพถ่ายของฝลัดแฟนทอมที่โฟโตพีค	ก	ข	
140 kev ความกว้างหน้าต่าง (%)			
5	± 39.9	± 21.39	± 15%
10	± 37.7	± 20.00	"
15	± 31.16	± 22.91	"
20	± 30.61	± 14.29	"
25	± 30.34	± 12.35	"
30	± 28.83	± 12.88	"
ภาพถ่ายของฝลัดแฟนทอมเมื่อใช้ความกว้างหน้าต่าง 20% ของโฟโตพีค 140 keV และกึ่งกลางหน้าต่างแตกต่างจากโฟโตพีค (%) -20	± 27.4		± 15%
-10	± 28.11		"
0	± 22.33		"
10	± 58.07		"
20	± 63.16		"

หมายเหตุ ก. ความสม่ำเสมอของภาพที่โฟโตพีค 140 keV และเปลี่ยนความกว้างหน้าต่างใน ช่อง ก. แสดงความสม่ำเสมอของภาพเมื่อหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์หลอดหนึ่งลดการทำงานลง ช่อง ข. แสดงความสม่ำเสมอของภาพภายหลังจากผู้แทนจากโรงงานผู้ผลิตเครื่องมือแก้ไขหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ทุกหลอดให้ทำงานสมดุลกันแล้ว

ข. ขอบเขตสูงสุดในการยอมรับการทำงานของระบบสร้างภาพทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์เป็นขอบเขตที่กำหนดขึ้นโดยสำนักงานมาตรฐานสากลเช่น NEMA, IEC, IAEA เป็นต้น

ตารางที่ 7.2 สรุปผลการทดลองหากำลังแยกความไวและการหาค่านับวัดของเครื่องถ่ายภาพรังสีแกมมา เมื่อใช้เทคนีเชียม-99เอ็ม เป็นต้นกำเนิดรังสี

การทดลอง	ผลการทดลองด้วยวิธีอื่น ๆ	ขอบเขตสูงสุดที่ยอมรับการทำงาน	% ความคลาดเคลื่อน
กำลังแยกของพลังงานวัดด้วยเทคนีเชียม-99เอ็ม(%)	12.8	14.3 (IEC)	10.5
กำลังแยกของการขจัด(ซม.)		-	-
วัดด้วย BRH แฟนทอม	0.7	-	-
ต้นกำเนิดรังสีชนิดสองเส้น	0.8	-	-
ธัยรอยด์แฟนทอม	0.9	-	-
วิลเลียมแฟนทอม	0.7	-	-
ความไวของการนับวัด(ครั้งต่อนาทีต่อไมโครคูรี)	420	350 (NEMA)	20
อัตรานับวัดมากสุด(ครั้งต่อวินาที)	$2.5\times10^{5}\pm500$	$1.6\times10^{5}\pm400$	56
อัตรานับวัด $^{R}_{-20\%}$ ด้วยต้นกำเนิดรังสีสองอัน(ครั้งต่อวินาที)	$72,705\pm809$	$77634^{*}\pm279$	6.4
อัตรานับวัด $^{R}_{-20\%}$(ครั้ง/วินาที)	$74,000\pm1000$	$77634^{*}\pm279$	4.7*
จากกราฟต้นกำเนิดรังสี 10 อัน			
อัตรานับวัด $^{N}_{-20\%}$(ครั้งต่อวินาที) ด้วยต้นกำเนิดรังสีสองอัน	$90881^{+}\pm1011$	$97042^{*}\pm312$	6.4
อัตรานับวัด $^{N}_{-20\%}$ (ครั้ง/วินาที)	$92500^{+}\pm1250$	$97042^{*}\pm311$	4.7
จากกราฟ(ต้นกำเนิดรังสี 10 อัน)			
รีโซลวิงไทม์ (วินาที)	$(2.45\pm0.13)\times10^{-6}$	$(2.30\pm0.10)\times10^{-6}$	6.6

+,* ได้จากการคำนวณในหน้า 189

+ R-20% คำนวณได้จาก $N_{-20\%} = \frac{R_{-20\%}}{0.8}$

* $N_{-20\%} = \frac{0.2231}{T}$; $T =$ รีโซลวิงไทม์

$R_{-20\%} = 0.8\ N_{-20\%}$

เมื่อ $T = \frac{1}{2.7182818 \times 1.6 \times 10^{5}} = 2.299 \times 10^{-6}$ วินาที

หรือ $T = \frac{1}{eR_{max}}$

ตารางที่ 7.3 ผลการทดลองหาความคมชัดของจุดแทนเนื้องอกชนิดจับและไม่จับรังสีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 ซม. ในวิลเลียมแฟนทอม บรรจุเทคนีเชียม-99เอ็ม มีโฟโตพีค 140 keV.

การปรับเครื่องวิเคราะห์ความสูงของสัญญาณ		ความคมชัด* (%)	
		ชนิดจับรังสี	ชนิดไม่จับรังสี
เปลี่ยนกึ่งกลางของหน้าต่าง เมื่อใช้ความกว้างหน้าต่าง 20% ของโฟโตพีค (keV)	98	± 16.81	± 17.5
	105	± 7.14	± 17.81
	112	± 16.00	± 14.71
	119	± 22.95	± 21.88
	126	± 21.95	± 20.00
	154	± 31.92	± 42.86
	161	± 32.90	± 47.62
	168	± 40.87	± 50.59
เปลี่ยนความกว้างของหน้าต่างเมื่อใช้โฟโตพีค 140 keV (% ของโฟโตพีค)	5	± 35.14	± 34.38
	10	± 36.00	± 34.38
	15	± 34.10	± 46.15
	20	± 34.16	± 40.00
	25	± 43.45	± 42.86
	30	± 30.32	± 39.73
	40	± 27.04	± 35.29

* เปอร์เซนต์ของความคมชัดหาด้วยวิธีเดียวกับการหาความสม่ำเสมอของภาค คือ

$$\text{ความคมชัด} = \pm \frac{(\text{Max}-\text{Min})}{(\text{Max}+\text{Min})} \times 100$$

Max, Min คือความเข้มของจุดแทนเนื้องอกและความเข้มรอบ ๆ จุดแทนเนื้องอก

7.2 ผลการวิจัยเครื่องมือสร้างภาพเรคติลิเนียร์สแกนเนอร์ด้วยวิลเลียมแฟนทอมและวิธีการทดลองอื่น ๆ ดังตารางที่ 7.4

ตารางที่ 7.4 แสดงผลการทดลองการควบคุมคุณภาพของเครื่องมือสร้างภาพเรคติลิเนียร์สแกนเนอร์

การทดลอง	ผลการทดลองด้วยวิธีอื่น	ผลการทดลองด้วยวิลเลียมแฟนทอม	ขอบเขตการยอมรับสูงสุด
กำลังแยกของพลังงานวัดด้วยซีเซียม-137(%)	16.92	-	15
กำลังแยกการขจัดด้วยต้นกำเนิดรังสีแบบเส้นและคอลลิเมเตอร์ชนิด (ซม.)			
31 ช่อง	—	2	1.27
85 ช่อง	1.5	2	1.27
163 ช่อง	1	1	0.95
265 ช่อง	1	1	0.64
ความถูกต้องของระบบจาก (%)			
อัตรานับวัด	$\pm$ 0.4		$\pm$ 10
การแสดงภาพ	$\pm$ 1.2		$\pm$ 10
การตอบสนองต่อพลังงาน (%)	$\pm$ 0		$\pm$ 10

7.3 สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัยการทำงานของเครื่องมือถ่ายภาพรังสีแกมมาด้วยวิลเลียมแฟนทอมและวิธีอื่น ๆ ซึ่งแยกสรุปความสามารถในการนับวัดและคุณสมบัติประจำเครื่องมือดังนี้คือ

7.3.1 ผลการวิจัยความสม่ำเสมอของภาพจากฝลัดแฟนทอม มี 2 วิธีคือ

ก. ความสม่ำเสมอเมื่อมีโฟโตพีคคงที่ 140 keV และใช้ความกว้างของหน้าต่าง 5-40% ของโฟโตพีค พบว่าความสม่ำเสมอของภาพดีขึ้นเมื่อใช้ความกว้างของหน้าต่างมากขึ้น โดยเฉพาะความกว้างหน้าต่าง 20,25 และ 30% ซึ่งทำให้ได้เปอร์เซนต์ความสม่ำเสมอต่ำกว่า 15% ดังตาราง 7.1 เพราะภาพถ่ายที่ความกว้างหน้าต่างมากขึ้นสามารถรับสัญญาณที่เกิดจากโฟโตอิเลคตริกได้ครบกว่าหน้าต่างแคบ ๆ เนื่องจากความกว้างของโฟโตพีคจากสเปคตรัมของเทคนีเชียม-99เอ็ม ดังรูป 6.15 มีค่า 40 keV หรือ 29% จึงทำให้ภาพที่ปรากฏออกมามีความสม่ำเสมอมากขึ้น อย่างไรก็ตามภาพที่ได้จะมีสัญญาณจากการกระเจิงแบบคอมพ์ตันรวมอยู่ด้วยเมื่อหน้าต่างกว้างกว่า 29% สัญญาณชนิดนี้จะทำให้หัวนับวัดไม่สามารถแสดงรายละเอียดของภาพได้ชัดเจนเนื่องจากหัวนับวัดไม่สามารถแยกนับวัดเฉพาะสัญญาณการเกิดซินทิลเลชันครั้งแรกในผลึกนับวัดได้ สำหรับความสม่ำเสมอของภาพในช่อง (ก) ของตาราง 7.1 มีค่าไม่ดีนักเกิดจากการลดการทำงานลงของหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ที่มุมล่างขวาของภาพจากฝลัดแฟนทอมในรูป 6.3 ก. เมื่อปรับหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์แล้วจะมีความสม่ำเสมอของภาพดีขึ้นดังแสดงไว้ในช่อง (ข) ของตาราง 7.1 และรูป 6.3 ค.

ข. เมื่อใช้ความกว้างของหน้าต่างคงที่ และเปลี่ยนกึ่งกลางของหน้าต่างไปจากโฟโตพีค ความสม่ำเสมอของภาพจากฝลัดมีค่า 27.4-63.16% จากผลการทดลองนี้พบว่าความสม่ำเสมอของภาพลดลง (เปอร์เซนต์เพิ่มขึ้น) เมื่อเพิ่มกึ่งกลางของหน้าต่างมากขึ้น และความสม่ำเสมอดีขึ้นเมื่อลดกึ่งกลางหน้าต่างลงตามลำดับ เพราะการใช้กึ่งกลางหน้าต่างต่ำ ๆ เครื่องถ่ายภาพจะรับสัญญาณจากการกระเจิงแบบคอมพ์ตันซึ่งมีอัตรานับวัดต่ำทำให้ภาพมีความสม่ำเสมอ แต่การเพิ่มกึ่งกลางหน้าต่างมากขึ้นโดยเฉพาะกึ่งกลางหน้าต่างเกินกว่าโฟโตพีคจะมีสัญญาณเกิดจากการซ้อนกันของสัญญาณ (pulse pileup) และมีอัตรานับวัดที่ออกมาต่ำมากจนกระทั่งสัญญาณที่ใช้บันทึกภาพมีความแปรปรวนขึ้น ทำให้ความเข้มที่ปรากฏในฟิล์มบันทึกภาพไม่สม่ำเสมอ จากเหตุผลทั้งสองกรณีพบว่าเมื่อกึ่งกลางหน้าต่างเลื่อนออกจากโฟโตพีคมาก ๆ จะทำให้อัตรานับวัดลดลง ซึ่งทำให้การนับวัดสัญญาณมีความแปรปรวนขึ้นจากการลดลงของอัตรานับวัดหรือภาพถ่ายของฝลัดแฟนทอมเกิดจากสัญญาณการกระเจิงแบบคอมพ์ตัน ดังนั้นภาพถ่ายของฝลัด-

แฟนทอมที่มีประโยชน์ในการศึกษาความสม่ำเสมอควรมีกึ่งกลางหน้าต่างตรงกับโฟโตพีค ซึ่งทำให้สามารถรับสัญญาณจากโฟโตอิเลคตริกได้

จากเหตผลในข้อ ก. และ ข. แสดงว่าความสม่ำเสมอของภาพดีขึ้นและอยู่ในขอบเขตที่กำหนดไว้โดยสำนักงานมาตรฐานเมื่อใช้กึ่งกลางหน้าต่างที่โฟโตพีคและความกว้างของหน้าต่างไม่เกิน 29% ของโฟโตพีค ซึ่งทำให้สัญญาณที่ใช้บันทึกภาพเกิดจากอันตรกิริยาแบบโฟโต-อิเลคตริกเท่านั้น

7.3.2 กำลังแยกของพลังงาน กำลังแยกของพลังงานมีค่า 12.8% ซึ่งต่ำกว่าขอบเขตที่กำหนดไว้โดย IEC คือ 14.3% แสดงว่ากำลังแยกพลังงานที่วัดได้มีค่าถูกต้อง สำหรับเครื่องถ่ายภาพประกอบด้วยหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์หลายหลอดมักจะทำให้กำลังแยกพลังงานที่วัดได้เปลี่ยนแปลงเสมอเช่น กรณีที่หลอดโฟโตมัลติพลายเออร์บางหลอดลดการทำงานลง กำลังแยกพลังงานซึ่งได้จากการรวมกันของสัญญาณจากทุก ๆ หลอดจะมีค่าเลวลง (กำลังแยกเลวลงคือมีเปอร์เซนต์สูงขึ้น) ซึ่งแก้ไขได้โดยให้ผู้แทนจากโรงงานผู้ผลิตปรับหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ให้ทำงานสมดุลกัน การเพิ่มของอัตรานับวัดสูงมากทำให้มีการซ้อนกันของสัญญาณ (pulse pileup) จากการกระเจิงแบบคอมพ์ตันเพิ่มขึ้นทำให้โฟโตพีคกว้างมากขึ้นและเลื่อนไปจากเดิมทำให้เปอร์เซนต์กำลังแยกพลังงานสูงขึ้นตาม นอกจากนี้กำลังแยกของพลังงานซึ่งมีค่ามากอาจเกิดจากผลึกนับวัดบางเกินไปจนรับพลังงานรังสีแกมมาไม่ครบหรือมีร่องรอยบนผลึกนับวัดและการลดการทำงานลงของผลึกนับวัดเมื่อผลึกดูดความชื้นทำให้เสียคุณสมบัติการโปร่งแสงในผลึก

7.3.3 ผลการวิจัยกำลังแยกของการขจัด ของเครื่องถ่ายภาพด้วย BRH แฟนทอม, ต้นกำเนิดรังสีแบบเส้นสองเส้น ธัยรอยด์แฟนทอม และวิลเลียมแฟนทอม มีกำลังแยกการขจัด 0.7, 0.8, 0.9 และ 0.7 ซม. ตามลำดับ พบว่าการทดสอบด้วยวิลเลียมแฟนทอมจะให้กำลังแยกการขจัดได้เหมือนกับ BRH แฟนทอม ซึ่งแสดงว่าวิลเลียมแฟนทอมสามารถนำมาใช้ศึกษากำลังแยกการขจัดได้ดีเช่นเดียวกับวิธีอื่น ๆ

จากผลการทดลองแสดงว่ากำลังแยกของการขจัดของเครื่องมือถ่ายภาพรังสีแกมมามีค่าดีที่สุด 0.7 ซม. และกำลังแยกการขจัดมีค่าระหว่าง 0.7 ถึง 0.9 ซม. เนื่องจากการใช้แฟนทอมชนิดต่าง ๆ ดังกล่าวจะวัดกำลังแยกได้เท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับจุดแทนเนื้องอกในแฟนทอม ซึ่งมีขนาดจำกัดเช่นในวิลเลียมแฟนทอมมีจุดขนาดเล็กสุด 0.7 ซม. ในธัยรอยด์แฟนทอมมีจุดขนาด 0.5, 0.9 ซม.

และ 1.2 ซม. ซึ่งสามารถตัดสินกำลังแยกการขจัดจากขนาดของจุดเล็กสุดที่มองเห็นชัดเท่านั้น คือ 0.9 ซม. ปกติเครื่องมืออาจมองเห็นจุดที่มีขนาดระหว่าง 0.5 และ 0.9 ซม. ก็ได้ สำหรับการใช้ต้นกำเนิดรังสีแบบเส้นและ BRH แฟนทอม จะต้องใช้ความสามารถการตัดสินใจของผู้วิจัยเอง เพราะว่าไม่มีขอบเขตในการตัดสินแน่นอนว่าภาพแนวเส้นขนานจะมองเห็นแยกจากกันได้ชัดเจนเมื่อใช้ต้นกำเนิดรังสีแบบเส้นหรือเริ่มเห็นแนวเส้นในภาพจาก BRH แฟนทอมเมื่อแนวเส้นเหล่านั้นต้องห่างกันเท่าใด ขึ้นอยู่กับความสามารถในการแยกภาพด้วยสายตาและการตัดสินใจของผู้วิจัยเท่านั้น

แฟคเตอร์สำคัญที่มีผลต่อกำลังแยกการขจัดของเครื่องถ่ายภาพ

ก. ความแปรปรวนทางสถิติที่หลอดโฟโตมัลติพลายเออร์สามารถแยกสัญญาณจากชินทิลเลชันที่เกิดใกล้เคียงกัน อาจทำให้กำลังแยกเปลี่ยนแปลงได้

ข. กำลังแยกของภาพจะดีขึ้นถ้าหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ในหัวนับวัดมีขนาดเล็กและมีจำนวนหลอดมากแต่ละหลอดมีประสิทธิภาพการสร้างสัญญาณสูง

ค. ความหนาของผลึกนับวัด ผลึกบางจะทำให้หัวนับวัดแสดงตำแหน่งการเกิดชินทิล-เลชันได้ถูกต้องซึ่งทำให้กำลังแยกการขจัดดีขึ้น

ง. การใช้เทคนิคของตัวถ่ายทอดสัญญาณแสงจากผลึกนับวัดเข้าสู่หลอดโฟโตมัลติ-พลายเออร์ที่เหมาะสม จะทำให้กำลังแยกการขจัดดีขึ้น

จ. กำลังแยกการขจัดลดลงถ้าใช้รังสีแกมมาพลังงานต่ำสำหรับสร้างภาพ เพราะทำให้เกิดโฟตอนของแสงต่อการเกิดชินทิลเลชันแต่ละครั้งมีจำนวนน้อย โฟตอนของแสงจำนวนน้อยจะทำให้เกิดความแปรปรวนทางสถิติในการสร้างสัญญาณในหัวนับวัด

ฉ. กำลังแยกการขจัดจะลดลงถ้าจุดสว่างบนจอบันทึกภาพมีขนาดใหญ่ขึ้นและภาพถ่ายจากฟิล์มชนิดหน้าเดียวจะมีความคมชัดมากกว่าชนิดสองหน้า(39)

ช. กำลังแยกการขจัดดีที่สุดเมื่อวางต้นกำเนิดรังสีชิดหัวนับวัดและตัวกลางรอบต้นกำเนิดรังสีหรือตัวกลางระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัวนับวัดต้องเป็นอากาศ(39)

7.3.4 ผลการวิจัยอัตรานับวัด อัตรานับวัดสูงสุดของเครื่องถ่ายภาพมีค่า 2.5×10^5 $\pm$500 ครั้งต่อวินาที อัตรานับวัดเมื่อมีค่านับวัดสูญหายไป 20% ($C_{-20\%}$) คือ 72705$\pm$809 และ 74000$\pm$1000 ครั้งต่อวินาที เมื่อทดลองด้วยต้นกำเนิดรังสี 2 อัน และ 10 อัน อัตรานับวัดของรังสีแกมมาที่เข้าสู่หัวนับวัดเมื่อคิดค่านับวัดหายไป 20% ($R_{-20\%}$) คือ 90881$\pm$1011 และ 92500$\pm$1250 ครั้งต่อวินาที จากต้นกำเนิดรังสี 2 อัน และ 10 อัน ตามลำดับ ดังแสดงไว้ในตาราง 7.2 พบว่า $R_{-20\%}$ และ $C_{-20\%}$ มีค่าแตกต่างจากขอบเขตที่กำหนดไว้จากโรงงานผู้ผลิตต่ำกว่า 20% แสดงว่า $R_{-20\%}$ และ $C_{-20\%}$ มีค่าถูกต้อง[14] สำหรับอัตรานับวัดสูงสุดมีค่าแตกต่างจากขอบเขตที่กำหนดไว้ 56% ซึ่งไม่ถูกต้องนัก เพราะขอบเขตที่ยอมรับคือ 20%[14] สำหรับ $R_{-20\%}$ มีประโยชน์ในการกำหนดกัมมันตภาพจากนิวไคลด์ที่ใช้ในแฟนทอมหรือผู้ป่วย ซึ่งทำให้สามารถเลือกใช้กัมมันตภาพของนิวไคลด์รังสีในปริมาณเหมาะสมที่ให้ประโยชน์ต่อการวินิจฉัยโรคสูงสุด

7.3.5 รีโซลวิงไทม์ รีโซลวิงไทม์วัดได้มีค่า $(2.45\pm0.13)\times10^{-6}$ วินาที ซึ่งมีค่าแตกต่างจากขอบเขตที่กำหนดไว้ $(2.299\pm0.1)\times10^{-6}$ วินาที คือ 6.6% ดังตารางที่ 7.2 และรีโซลวิงไทม์มีค่าแตกต่างจากปริมาณที่กำหนดไว้ต่ำกว่า 20% ซึ่งแสดงว่ามีค่าถูกต้องอยู่ในขอบเขตที่กำหนดไว้[14] ค่ารีโซลวิงไทม์ สามารถนำมาหาอัตรานับวัดสูงสุด[20] ที่เครื่องถ่ายภาพสามารถนับวัดได้ดังสมการ

$$\text{อัตรานับวัดมากสุด} = \frac{1}{eT} \qquad \text{.....(7.1)}$$

เมื่อ $e = 0.7182818$

$T =$ รีโซลวิงไทม์ (วินาที)

สำหรับกรณีนี้จะพบว่าในทางปฏิบัติอาจทำให้ค่าที่แตกต่างจากการคำนวณมาก

นอกจากนี้ค่ารีโซลวิงไทม์สามารถใช้คำนวณหาอัตรานับวัดของรังสีแกมมาที่เข้าสู่หัวนับวัด เมื่อมีค่านับวัดสูญหาย 20% หรือ $N_{-20\%}$ [14] ได้จากสมการ

$$N_{-20\%} = \frac{0.2231}{T} \qquad \text{.....(7.2)}$$

แฟคเตอร์ซึ่งทำให้รีโซลวิงไทม์มีค่าเปลี่ยนไป[39] ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อใช้อัตรานับวัดสูงคือ

ก. ความกว้างของหน้าต่าง ค่ารีโซลวิงไทม์จะมีค่ามากขึ้นเมื่อใช้ความกว้างหน้าต่างแคบ ๆ

ข. ค่ารีโซลวิงไทม์จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมีวัตถุที่มีตัวกลางที่ทำให้มีการกระเจิงของรังสีวางรอบ ๆ ต้นกำเนิดรังสีเพราะมีการซ้อนกันของสัญญาณจากคอมพ์ตัน

จากเหตุผลดังกล่าวทำให้อัตรานับวัดที่ปรากฏออกมาลดลง ปกติรีโซลวิงไทม์จะไม่ทำให้ภาพถ่ายจากเครื่องมือถ่ายภาพผิดปกติมากนัก แต่จะลดอัตรานับวัดเมื่อศึกษาการไหลเวียนของสารเภสัชรังสีในอวัยวะขณะใช้อัตรานับวัดสูง (high-counting-rate dynamic study) โดยเฉพาะการศึกษาการไหลของสารเภสัชรังสีเข้าหัวใจผู้ป่วยด้วยอัตรานับวัด 5×10^4 ครั้งต่อวินาที ซึ่งทำให้ภาพมีความคมชัดลดลง

7.3.6 ความคมชัดของภาพถ่ายจากวิลเลียมแฟนทอม ดังตารางที่ 7.3 พบว่าภาพถ่ายของจุดแทนเนื้องอกทั้งชนิดจับรังสีและไม่จับรังสีปรากฏชัดเจน เมื่อมีความเข้มของจุดแทนเนื้องอกและบริเวณรอบ ๆ แตกต่างกันมากกว่า ±15%* จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าวิลเลียมแฟนทอมเหมาะสมสำหรับศึกษาความเข้มและความคมชัดของจุดแทนเนื้องอกกับเครื่องถ่ายภาพรังสีแกมมาได้ดี ความเข้มและความคมชัดของภาพถ่ายจากเครื่องถ่ายภาพรังสีแกมมาที่แสดงออกมามีความถูกต้องดังการทดลองหาความคมชัดและความเข้มจากสเตพเวดจ์แฟนทอมซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก ข. สำหรับจุดแทนเนื้องอกอื่น ๆ นอกจากจุดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 ซม. จากภาพถ่ายที่โฟโตพีค 140 keV ความกว้างหน้าต่าง 20% พบว่าทุกจุดมีความคมชัดได้ดีดังรูป 6.14 (ก) และ 6.14 (ข) สำหรับภาพถ่ายที่ใช้ความกว้างของหน้าต่างคงที่ 20% ของโฟโตพีคแต่เปลี่ยนกึ่งกลางของหน้าต่างพบว่าความคมชัดของจุดต่าง ๆ สูงขึ้นโดยเฉพาะจุดที่มีขนาดเล็กจะมีความคมชัดเพิ่มขึ้นเมื่อกึ่งกลางของหน้าต่างเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะภาพที่มีกึ่งกลางหน้าต่างใกล้เคียงโฟโตพีคสามารถแสดงความเข้มทุกจุดได้ชัดเจนกว่าภาพอื่น ๆ ดังรูป 6.16 ก และ 6.16(ข) จากการศึกษาความเข้มภาพถ่ายของวิลเลียมแฟนทอมจากเครื่องถ่ายภาพรังสีแกมมาพบว่าสามารถแสดงภาพความเข้มของจุดต่าง ๆ ได้ชัดเจนเมื่อถ่ายภาพด้วยหน้าต่างกว้าง 20% และใช้กึ่งกลางหน้าต่างที่โฟโตพีค นอกจากนี้มีแฟคเตอร์สำคัญอื่นซึ่งสามารถแสดงความเข้มของภาพได้ชัดเจนดังแสดงไว้แล้วในหัวข้อ 6.9

---

*สายตาคนปกติสามารถมองเห็นความเข้มของฟิล์มแตกต่างกันได้ชัดเจนเมื่อมีเปอร์เซนต์ความคมชัดหรือความ สม่ำเสมออย่างน้อย ±15%

7.3.7 ผลการวิจัยความไวของเครื่องถ่ายภาพ จากตารางที่ 7.2 ความไวของเครื่องถ่ายภาพวัดด้วยต้นกำเนิดรังสีแบบระนาบมีค่า 420 ครั้งต่อนาทีต่อไมโครคูรี มีค่าแตกต่างจากขอบเขตที่กำหนดไว้ 20% ความไวที่วัดได้แตกต่างไปจากขอบเขตที่กำหนดไว้อาจเกิดจากหลายสาเหตุเช่น

ก. การลดการทำงานลงหรือการทำงานของหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ในหัวนับวัดไม่สมดุลกันทำให้แสดงค่านับวัดไม่ถูกต้อง

ข. การใช้ต้นกำเนิดรังสีที่ไม่สม่ำเสมอซึ่งอาจเกิดจากแฟนทอมหรือสารละลายกัมมันตรังสีภายในแฟนทอมผสมกันไม่ทั่วถึงทำให้การวัดความไวผิดพลาดไป(6)

ค. การใช้กัมมันตภาพสูงหรืออัตรานับวัดจากสารละลายกัมมันตรังสีสูงจะทำให้มีค่านับวัดขาดหายไปเนื่องจากรีโซลวิงไทม์(6)

ง. เกิดจากความบกพร่องของคอลลิเมเตอร์และผลึกนับวัดภายในหัวนับวัด(14)

ผลการทดลองเครื่องถ่ายภาพรังสีแกมมาด้วยวิลเลียมแฟนทอมและวิธีอื่น ๆ รวมทั้งการทดสอบความไว การปรับระดับพลังงานและแบคกราวด์ของเครื่องมือดังแสดงในภาคผนวก ค. แสดงว่าการทำงานของเครื่องถ่ายภาพอยู่ในขอบเขตที่ยอมรับการทำงานได้ มีผลการศึกษาด้วยวิลเลียมแฟนทอมถูกต้องเช่นเดียวกับวิธีอื่น ๆ

ผลการศึกษาพบว่าเครื่องถ่ายภาพ จะทำงานได้ถูกต้องจะต้องมีการทดสอบเครื่องมืออย่างสม่ำเสมอเท่านั้น ซึ่งทำให้มีความจำเป็นที่ต้องมีการควบคุมคุณภาพของเครื่องมือสร้างภาพคือ

ก. กำลังแยกของพลังงาน ในเครื่องถ่ายภาพมีหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์จำนวนมาก แต่ละหลอดจะนับวัดสัญญาณจากผลึกนับวัดแยกจากกันและมีการทำงานของแต่ละหลอดอิสระต่อกันเช่นการปรับกำลังขยายของปรีแอมป์, ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ ซึ่งอาจทำให้โฟโตพีคที่วัดได้จากแต่ละหลอดแตกต่างกันเมื่อการปรับหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ไม่สมดุลกันหรือมีบางหลอดลดการทำงานลง ทำให้สัญญาณ ที่ออกจากหัวนับวัดซึ่งเกิดจากการรวมกันของสัญญาณจากทุกหลอดได้โฟโตพีคและความกว้างของโฟโตพีคเพิ่มขึ้น ทำให้กำลังแยกพลังงานลดลง ดังนั้นกำลังแยกของพลังงานจึงเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้อธิบายการทำงานของหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ได้ ซึ่งจะเกิดขึ้นบ่อยครั้งและอาจมีกำลังแยกพลังงานสูงถึง 21% เช่นเมื่อติดตั้งเครื่องมือใหม่ ๆ นอกจากนี้การเพิ่มของกำลังแยกพลังงานอย่างถาวรอาจแสดงถึงการดูดกลืนและการหักเหของแสง

จากซิลทิลเลชันในผลึกนับวัดเนื่องจากผลึกนับวัดมีร่องรอย มีรอยร้าว ผลึกดูดความชื้นและเสียคุณสมบัติการโปร่งแสง เพราะภาชนะห่อหุ้มผลึกชำรุดเสียหาย

ข. กำลังแยกของการขจัด เป็นการศึกษาที่สำคัญมากเพราะมีประโยชน์ในการอธิบายขีดความสามารถของเครื่องถ่ายภาพที่จะแสดงภาพเนื้องอกขนาดเล็กสุดออกมาเช่น กำลังแยก 0.7 ซม. แสดงว่าผู้ป่วยที่มีเนื้องอกขนาด 0.7 ซม. หรือใหญ่กว่านี้เครื่องมือสามารถแสดงภาพออกมาได้ชัดเจน ส่วนเนื้องอกขนาดเล็กกว่า 0.7 ซม. จะไม่ปรากฏภาพออกมา การไม่ปรากฏภาพออกมามีความหมายได้ 2 กรณี คือ ผู้ป่วยอาจไม่ได้เป็นอะไรเลยหรือมีความผิดปกติของเนื้อเยื่อขนาดเล็กกว่า 0.7 ซม. ถึงอย่างไรก็ตามภาพถ่ายเนื้องอกขนาด 0.7 ซม. หรือใหญ่กว่านี้ที่ปรากฏออกมาอาจทำให้การวินิจฉัยโรคลำบากเนื่องจากคุณภาพความคมชัดและความเข้มของภาพไม่ดีพอ เกิดจากการสะสมสารเภสัชรังสีในเนื้องอกต่ำกว่าที่ควรจะเป็น มีอัตรานับวัดต่ำและมีการกระเจิงจากเนื้อเยื่อรอบ ๆ อวัยวะผู้ป่วย หรืออัตรานับวัดสูงมาก ๆ เช่น 4×10^5 ครั้งต่อวินาที ทำให้มีการกระเจิงในเนื้อเยื่อรอบ ๆ เนื้องอกและมีการซ้อนกันของสัญญาณจากคอมพ์ตันจะทำให้ภาพบิดเบือนไป และมีความคมชัดลดลง[39] ทำให้สังเกตขนาดของจุดเนื้องอกได้ยาก การใช้โฟโตพีคและความกว้างของหน้าต่างไม่เหมาะสมก็อาจทำให้การวัดกำลังแยกการขจัดและความคมชัดไม่ถูกต้องดังรูป 6.14 และ 6.16 เป็นต้น

นอกจากนี้กำลังแยกการขจัดสามารถใช้ประมาณขนาดของเนื้องอกที่ปรากฏในภาพเช่นขนาดของเนื้องอกควรมีค่าต่ำสุดเท่ากับกำลังแยกการขจัดของเครื่องมือเป็นต้น

ค. ความไว เป็นความสามารถของเครื่องถ่ายภาพที่จะแสดงอัตรานับวัดจากต้นกำเนิดรังสีที่ทราบกัมมันตภาพแล้ว ความไวมีประโยชน์ในการคำนวณหากัมมันตภาพจากนิวไคลด์รังสีที่ยังไม่ทราบค่า (unknown) ค่าความไวที่วัดได้แตกต่างจากที่กำหนดไว้อาจใช้อธิบายความบกพร่องของคอลลิเมเตอร์และการลดการทำงานลงของผลึกนับวัดและหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ภายในหัวนับวัดได้ ความไวและกำลังแยกการขจัดของเครื่องมือสร้างภาพมีความสัมพันธ์กันคือ ความไวมีค่าสูงจะมีกำลังแยกการขจัดต่ำลงเสมอ นอกจากนี้ความไวที่วัดได้จะมีค่าคงที่สำหรับคอลลิเมเตอร์แต่ละอันเสมอ

ง. อัตรานับวัดและรีโซลวิงไทม์ ภาพถ่ายที่ปรากฏออกมาจะมีคุณภาพ ความคมชัดและมีประโยชน์ในการวินิจฉัยโรคดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับอิทธิพลของอัตรานับวัดและรีโซลวิงไทม์เสมอ การเลือกใช้ความกว้างของหน้าต่างและกึ่งกลางของหน้าต่างไม่เหมาะสมก็เป็นสาเหตุหนึ่งทำให้อัตรานับวัดสำหรับบันทึกมีค่าแตกต่างกันไป อิทธิพลของอัตรานับวัดและรีโซลวิงไทม์ต่อคุณภาพ

ของภาพถ่ายคือ

1. การใช้อัตรานับวัดสูงสำหรับถ่ายภาพทำให้มีการซ้อนกันของสัญญาณ จากการกระเจิงแบบคอมพ์ตัน ซึ่งทำให้มีความบิดเบือนของภาพและความคมชัดลดลง

2. การใช้อัตรานับวัดสูงจะทำให้มีค่านับวัดสูญหายไปเนื่องจากรีโซลวิงไทม์ เช่นการศึกษาการไหลเวียนของสารเภสัชรังสีในหัวใจ

3. การเตรียมสารเภสัชรังสีที่ไม่เหมาะสม หรือใช้ปริมาณรังสีที่ไม่เหมาะสมจะทำให้การสะสมสารเภสัชรังสีในอวัยวะต่ำเกินไปหรือไม่มีการสะสมสารเภสัชรังสีในอวัยวะนั้น ทำให้แสดงอัตรานับวัดออกมาต่ำเกิดความแปรปรวนของสัญญาณที่ใช้บันทึกภาพ ซึ่งเป็นเหตุให้ความคมชัดและกำลังแยกของภาพลดลง

4. การมีตัวกระเจิงรังสีอยู่รอบ ๆ ต้นกำเนิดรังสีหรือเนื้องอกที่สะสมรังสีจะทำให้รีโซลวิงไทม์เพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำให้มีค่านับวัดลดลงจากรีโซลวิงไทม์มากขึ้น

จากเหตุผลดังกล่าวในข้อ ก-ง ทำให้การควบคุมคุณภาพเป็นปัจจัยสำคัญหนึ่งที่ควบคู่กับการใช้เครื่องถ่ายภาพวินิจฉัยโรคจากผู้ป่วย

7.4 ผลการวิจัยเครื่องมือสร้างภาพเรคติลิเนียร์สแกนเนอร์ด้วยวิลเลียมแฟนทอม และวิธีทดลองอื่นดังตารางที่ 7.4 ซึ่งสามารถสรุปผลการทำงานของเครื่องมือได้ดังนี้คือ

7.4.1 ผลการศึกษากำลังแยกการขจัด จากตาราง 7.4 การวิจัยเครื่องมือสร้างภาพเรคติลิเนียร์สแกนเนอร์ด้วยต้นกำเนิดรังสีแบบเส้นบรรจุเทคนีเชียม-99เอ็ม เมื่อใช้คอลลิเมเตอร์ชนิด 31, 85, 163 และ 265 ช่อง ได้กำลังแยกการขจัดคือ -, 1.5, 1 และ 1 ซม. ตามลำดับ เมื่อทดลองเช่นเดียวกันกับวิลเลียมแฟนทอมบรรจุเทคนีเชียม-99เอ็ม จะได้กำลังแยกการขจัด 2,2,1 และ 1 ซม. ตามลำดับ

การทดลองด้วยวิลเลียมแฟนทอมได้ผลเหมือนกับการใช้ต้นกำเนิดรังสีแบบเส้นเมื่อใช้คอลลิเมเตอร์ชนิด 163 และ 265 ช่อง เนื่องจากคอลลิเมเตอร์ชนิดนี้มีช่องเป็นจำนวนมาก จึงวัดกำลังแยกได้ดี[1,6,7]

จากการศึกษาภาพถ่ายของธัยรอยด์แฟนทอมด้วยคอลลิเมเตอร์ชนิด 163 ช่อง ดังภาคผนวก ง. สามารถมองเห็นจุดแทนเนื้องอกมีขนาด 0.9 และ 1.2 ซม. ได้ ดังนั้นกำลังแยกดีที่สุดของเครื่องมือสร้างภาพเรคติลิเนียร์สแกนเนอร์คือ 0.9 ซม.

จากผลการศึกษากำลังแยกการขจัดเมื่อทดลองด้วยวิลเลียมแฟนทอมและต้นกำเนิดรังสีชนิดเส้นพบว่ากำลังแยกการขจัดมีค่าใกล้เคียงกับขอบเขตที่กำหนดไว้ดังตาราง 7.4 ซึ่งอาจสรุปได้ว่าเครื่องมือสร้างภาพเรดิเนียร์สแกนเนอร์มีกำลังแยกการขจัดถูกต้อง นอกจากนี้กำลังแยกจากภาพถ่ายของวิลเลียมแฟนทอมและการนับวัดจากต้นกำเนิดรังสีแบบเส้นมีค่าแตกต่างจากขอบเขตที่กำหนดไว้เล็กน้อยอาจเกิดจากสาเหตุต่อไปนี้[1] คือ

1. ต้นกำเนิดรังสีอยู่ห่างคอลลิเมเตอร์มากเกินไปจะทำให้มีการลดจำนวนรังสีแกมมาในตัวกลางและมีอัตรานับวัดต่ำเกินไป ต้นกำเนิดรังสีควรอยู่ห่างคอลลิเมเตอร์ไม่เกิน 20 ซม.

2. การใช้นิวไคลด์รังสีให้รังสีแกมมาพลังงานสูงวางใกล้หัวนับวัดที่มีผนังช่องคอลลิ-เมเตอร์ทำให้มีการทะลุผ่านความหนาของช่องในคอลลิเมเตอร์ ซึ่งทำให้ภาพที่ได้ไม่มีความคมชัด

3. การใช้นิวไคลด์รังสีที่ให้รังสีแกมมาพลังงานต่ำวางใกล้หัวนับวัดที่มีความไวสูงจะทำให้มีการกระเจิงของรังสีแกมมาเข้าคอลลิเมเตอร์ ทำให้ความคมชัดของภาพลดลง

4. กำลังแยกและความคมชัดจะลดลงเมื่อต้นกำเนิดรังสีวางห่างจากระนาบโฟกัสมากขึ้น

5. วัตถุที่จะวัดมีขนาดเล็กกว่าระนาบโฟกัสของคอลลิเมเตอร์ทำให้หัวนับวัดไม่สามารถแสดงภาพรายละเอียดภายในวัตถุออกมาได้

6. ความคมชัดของภาพจะดีขึ้นเมื่อคอลลิเมเตอร์มีช่องขนาดเล็ก จำนวนช่องมากและความยาวของช่องมีค่ามาก แต่คอลลิเมเตอร์ชนิดนี้วัดได้เฉพาะรังสีแกมมาพลังงานต่ำเพราะมีผนังช่องบางทำให้รังสีแกมมาทะลุผ่านผนังช่องได้

7. ไม่ควรมีตัวกลางระหว่างต้นกำเนิดรังสีและหัวนับวัดหรือมีตัวกลางด้านหลังต้นกำเนิดรังสี ซึ่งจะทำให้มีการดูดกลืนและการกระเจิงของรังสีในตัวกลาง

8. ความกว้างของหน้าต่างไม่ควรมีค่ามากเกินไปโดย เพราะความคมชัดของภาพจะลดลงเมื่อใช้ความกว้างของหน้าต่างเกินกว่าความกว้างของโฟโตพีคจากสเปคตรัมของนิวไคลด์รังสีที่ใช้

9. อัตรานับวัดสูงสุดในแฟนทอมไม่ควรต่ำเกินไปโดยเฉพาะอัตรานับวัดที่ทำให้ความหนาแน่นของค่านับวัดต่ำกว่า 800 ครั้งต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งจะทำให้ภาพที่ได้ขาดรายละเอียดไป(5)

7.4.2 ความถูกต้องของระบบ จากการทดลองหาความถูกต้องของระบบเครื่องมือสร้างภาพเรดติลิเนียร์สแกนเนอร์จากอัตรานับวัดและการแสดงภาพพบว่ามีความถูกต้องสูงสุด คือมีความคลาดเคลื่อนจากแนวเส้นตรงเพียง 0.4 และ 1.2% ตามลำดับเท่านั้น เมื่อขอบเขตการยอมรับการทำงานกำหนดไว้โดยสำนักงานมาตรฐานสากลให้มีความผิดพลาดได้ไม่เกิน $\pm$10%(14)

การวิจัยความถูกต้องในการตอบสนองต่อรังสีแกมมาระดับพลังงานต่าง ๆ พบว่าเครื่องมือสร้างภาพมีการตอบสนองต่อพลังงานรังสีแกมมาได้ดีที่สุดคือมีความผิดพลาดจากแนวเส้นตรง 0%

จากผลการทดลองหาความถูกต้องของระบบทั้งสามวิธีดังกล่าวสรุปได้ว่าความถูกต้องในการนับวัด การแสดงภาพและการตอบสนองต่อพลังงานรังสีแกมมาของเครื่องมือสร้างภาพเรดติลิเนียร์สแกนเนอร์มีความถูกต้องสมบูรณ์

7.4.3 ผลการศึกษากำลังแยกของพลังงาน ของเครื่องมือสร้างภาพเรดติลิเนียร์สแกนเนอร์มีค่า 16.92% เมื่อวัดด้วยต้นกำเนิดรังสีชนิดจุดซีเซียม-137 เมื่อขอบเขตในการยอมรับกำลังแยกพลังงานของผลึกหนา 7.5 ซม. คือ 15% กำลังแยกพลังงานที่ออกมาจึงอยู่นอกขอบเขตการยอมรับ ซึ่งอาจจะเกิดจากหลาย ๆสาเหตุคือ

ก. การปรับ ศักย์ไฟฟ้าหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์และกำลังขยายของเครื่องขยายสัญญาณไม่ถูกต้องหรือไม่เสถียรพอ มีความไวของการนับวัดลดลง

ข. การเกิดมีรอยร้าวและร่องรอยบนผิวผลึกทำให้การโปร่งแสงลดลงและมีโฟตอนแสงหายไปขณะผ่านรอยบนผลึกนับวัด

ค. การลดการทำงานของผลึกนับวัดตามอายุการใช้งานเนื่องจากผลึกถูกใช้เป็นเวลานาน และการชำรุดของภาชนะห่อหุ้มผลึกนับวัดทำให้ความชื้นรั่วไหลเข้าภาชนะ ทำให้ผลึกนับวัดดูดความชื้นและเสียคุณสมบัติการโปร่งแสงไป

7.4.4 การศึกษาความไวของเครื่องมือสร้างภาพเรดติลิเนียร์สแกนเนอร์ ดังในภาคผนวก จ. พบว่าการหาอัตรานับวัดจากนิวไคลด์รังสีชนิดจุดซีเซียม-137 และการทำคอนโทรลชาร์ทตลอด 1 ปี มีการกระจายของอัตรานับวัดไม่เป็นระเบียบและผิดพลาดไปจากขอบเขตของคอนโทรลชาร์ทโดยสิ้นเชิง ซึ่งอาจเกิดจากหลายสาเหตุคือ

ก. กำลังแยกพลังงานของเครื่องมือมีค่ามากกว่า 15% ซึ่งเป็นขอบเขตสูงสุดของการยอมรับการทำงานของเครื่องมือที่กำหนดไว้โดยสำนักงานมาตรฐานสากล เป็นสาเหตุให้วัดอัตรานับวัดที่โฟโตพีคผิดไป

ข. การปรับระดับพลังงานของเครื่องวิเคราะห์ความสูงของสัญญาณไม่ตรงกับโฟโตพีคที่แท้จริงจากนิวไคลด์รังสีทำให้ความไวในการนับเปลี่ยนไป

ค. การปรับศักย์ไฟฟ้าของหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์และกำลังขยายของเครื่องขยายสัญญาณไม่ถูกต้อง ทำให้เครื่องนับวัดไม่สามารถแสดงอัตรานับวัดสูงสุดได้ โดยเฉพาะศักย์ไฟฟ้ามักจะเปลี่ยนไปเสมอภายหลังการซ่อมแซมเครื่องมือ

ง. ความไวของเครื่องมือเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการชำรุดและการซ่อมแซมเครื่องมือ เช่นการเสียหายของระบบกลไกและระบบอิเลคทรอนิคของเครื่องมือ ภายหลังการซ่อมแซมแล้วพบว่าเครื่องมือมักถูกปรับ (calibrated) ใหม่แตกต่างไปจากเดิมเสมอเช่น ในปี 2527 มีการซ่อม 3 ครั้ง แต่ละครั้งเครื่องมือถูกปรับระดับอัตรานับวัดไปจากเดิม 1×10^5 - 3×10^5 ครั้งต่อวินาที เป็น 6×10^5 ครั้งต่อวินาที, 1.0×10^6 ครั้งต่อวินาที และ 1×10^5 - 3×10^5 ครั้งต่อวินาที ตามลำดับ ดังแสดงในกราฟของภาคผนวก จ. ทำให้อัตรานับวัดเปลี่ยนแปลงระดับขนาดไปจนไม่สามารถวิเคราะห์การกระจายของอัตรานับวัดหรือความไวของระบบจากคอนโทรลชาร์ทได้

จ. การลดการทำงานของระบบในเครื่องมือสร้างภาพเรคติลิเนียร์สแกนเนอร์ตามอายุการใช้งานและการเสื่อมสภาพของระบบอิเลคทรอนิคซึ่งถูกใช้ตรวจผู้ป่วยทุกวันมาแล้วนานกว่า 15 ปี ผลการเสื่อมสภาพของวงจรอิเลคทรอนิคจะทำให้ความไวของเครื่องมือเปลี่ยนแปลงไปไม่แน่นอนเมื่อได้รับอัตรานับวัดระดับสูงหรือต่ำกว่าที่ใช้อยู่ประจำ

ผลการวิจัยเครื่องมือสร้างภาพเรคติลิเนียร์สแกนเนอร์ด้วยวิลเลียมแฟนทอมและวิธีอื่นๆ พบว่า การทำงานของเครื่องมือสร้างภาพที่อยู่ในขอบเขตที่สามารถยอมรับได้คือ กำลังแยกการขจัด ความถูกต้องของระบบในการแสดงอัตรานับวัด การแสดงภาพและการตอบสนองต่อพลังงานของรังสีแกมมา

ผลการวิจัยที่แสดงว่าเครื่องมือสร้างภาพเรคติลิเนียร์สแกนเนอร์มีผลกับนับวัดและวงจรเริ่มลดการทำงานลงคือ การมีความไวและกำลังแยกของพลังงานอยู่นอกขอบเขตที่กำหนดไว้โดยสำนักงานมาตรฐานสากล

ถึงอย่างไรก็ตามเครื่องมือเครื่องนี้ก็อาจนำมาใช้ถ่ายภาพผู้ป่วยได้เพราะกำลังแยกการขจัด ความถูกต้องในการแสดงค่านับวัดและการแสดงภาพขณะทดลองในช่วงเวลาสั้น ๆ ยังถูกต้องเชื่อถือได้

สรุปผลการควบคุมคุณภาพของเครื่องมือสร้างภาพทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ด้วยวิลเลียมแฟนทอม

วิลเลียมแฟนทอมมีความหนาของสารละลายกัมมันตรังสีอยู่ภายในไม่ต่ำกว่า 1 ซม. จุดแทนเนื้องอกมีความหนาของสารละลายเทคนีเซียมแตกต่างกัน 1 ซม. จึงทำให้ภาพที่ปรากฏออกมามีความเข้มแตกต่างกันได้ชัดเจน จุดแทนเนื้องอกทั้งชนิดจับรังสีและไม่จับรังสีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.7, 1, 2 และ 4 ซม. เหมาะสำหรับใช้วัดกำลังแยกการขจัดในเครื่องถ่ายภาพรังสีแกมมา ซึ่งมีกำลังแยกอยู่ระหว่าง 0.7-4 ซม. ได้ดีกว่าและสะดวกกว่าการใช้ต้นกำเนิดรังสีแบบเส้นและ BRH แฟนทอม ขณะเดียวกันสามารถนำแฟนทอมไปศึกษากำลังแยกการขจัดของเครื่องมือสร้างภาพเรคติลิเนียร์สแกนเนอร์ด้วยคอลลิเมเตอร์ชนิด 31, 85, 163 และ 265 ช่อง วัดกำลังแยกการขจัดได้ 2, 2 , 1 และ 1 ซม. ตามลำดับ ซึ่งให้ผลการทดลองถูกต้องเหมือนวิธีอื่นเมื่อใช้คอลลิเมเตอร์ชนิด 163 และ 265 ช่อง

บริเวณรอบจุดแทนเนื้องอกมีที่ว่างสำหรับบรรจุสารละลายกัมมันตรังสีหนา 1 ซม. ทำให้ฟิล์มถ่ายภาพจากวิลเลียมแฟนทอมสามารถนำมาศึกษาความคมชัดของภาพได้ดังรูป 6.14 ก, ข.

ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย

การควบคุมคุณภาพของเครื่องมือนิวเคลียร์เป็นขั้นตอนสำคัญที่สุดถ้าปราศจากขั้นตอนนี้แล้วการศึกษาการทำงานของเครื่องมือหรือประโยชน์ที่ได้รับจากเครื่องมือย่อมได้ผลไม่เต็มที่ การควบคุมคุณภาพที่ใช้ในการวิจัยนี้ตลอดจนปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลองจะเป็นแนวทางเพื่อนำไปแก้ไขหรือ ปรับปรุงวิธีการทดลองเครื่องมือนิวเคลียร์ต่อไป เราได้กล่าวแล้วว่าการทำงานของเครื่องมือจะนับว่าถูกต้องส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับแฟคเตอร์สำคัญคือคุณสมบัติประจำเครื่องมือซึ่งมีขอบเขตแน่นอนและกำหนดไว้แล้วจากสำนักงานมาตรฐานสากล ได้แก่ ความสม่ำเสมอ, กำลังแยกความไวและแบคกราวด์ (มีในภาคผนวก) ดังนั้นการทดสอบการควบคุมคุณภาพเครื่องมือนิวเคลียร์อย่างมีประสิทธิภาพมีแนวโน้มในการทดสอบคุณสมบัติประจำเครื่องมือเป็นหลัก ซึ่งสามารถหาขอบเขตการทำงานของเครื่องมือได้ดีกว่าการทดสอบความสามารถในการนับวัด เพราะความสามารถในการนับวัดจะมีค่าถูกต้องแม้ว่าคุณสมบัติประจำเครื่องมือจะถูกต้องหรือไม่ดังตาราง 7.1, 7.2, 7.3 และ 7.4 ผลการทดสอบหรือความผิดพลาดที่เกิดขึ้นทำให้ผู้วิจัยมีความระมัดระวังการใช้เครื่องมือมากขึ้นและควรรีบหาสาเหตุที่แท้จริงแล้วแก้ไขเครื่องมือให้ถูกต้องก่อนนำเครื่องมือไปใช้งานหรือก่อนที่เครื่องมือจะลดการทำงานมากกว่านี้ นอกจากนี้จากข้อมูลของการวิจัยสามารถเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องมืออื่น ๆ ที่มี ลักษณะเดียวกันหรือใช้เป็นข้อเปรียบเทียบก่อนตัดสิน

สินใจเลือกซื้อหาเครื่องมือต่อไป สิ่งที่สำคัญสุดคือสามารถตัดสินใจว่าภาพถ่ายที่ได้มีประโยชน์ในการวิเคราะห์และวินิจฉัยโรคจากผู้ป่วยได้ถูกต้องสมบูรณ์หรือไม่

การควบคุมคุณภาพเครื่องมือทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์นอกจากศึกษาการทำงานของเครื่องมือแล้ว ยังต้องระมัดระวังความปลอดภัยจากอุบัติเหตุการใช้สารกัมมันตรังสี เครื่องมือและอุปกรณ์อีกด้วย ดังนั้นการนำวิลเลียมแฟนทอมมาใช้ศึกษาการควบคุมคุณภาพเครื่องมือเวช-ศาสตร์จึงมีประโยชน์และปลอดภัยกล่าวคือ

1. การศึกษาการควบคุมคุณภาพของเครื่องมือทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ด้วยวิลเลียมแฟนทอมเมื่อใช้คอลลิเมเตอร์ (Extrinsic Study)จะสะดวกและปลอดภัยเพราะไม่ต้องถอดคอลลิเมเตอร์ออก ช่วยให้ลดอุบัติเหตุจากผลึกชำรุดเนื่องจากการเปลี่ยนอุณหภูมิ การเกิดแรงกระแทกและการเปื้อนสารกัมมันตรังสีที่หัวนับวัด หรืออุบัติเหตุเนื่องจากคอลลิเมเตอร์

2. การศึกษากำลังแยกของการขจัดของเครื่องถ่ายภาพทำได้สะดวกและใช้เวลาทดสอบน้อยกว่าการใช้ BRH แฟนทอม และต้นกำเนิดรังสีชนิดสองเส้น เพราะไม่ต้องอาศัยความสามารถหรือความชำนาญในการแยกรายละเอียดของภาพขนาดต่าง ๆ มาคำนวณหาผลการทดลองในภาพถ่ายวิลเลียมแฟนทอมสามารถบอกขนาดของจุดเล็กสุดในภาพที่มองเห็นชัดเป็นกำลังแยกของการขจัดได้เลย

3. ในวิลเลียมแฟนทอมอันเดียวกันมีเนื้องอกชนิดจับและไม่จับรังสีขนาดเส้นผ่าศูนย์-กลาง 0.7, 1,2, และ 4 ซม. ซึ่งอยู่ในขอบเขตของกำลังแยกการขจัดของเครื่องมือทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ซึ่งต่างจากธัยรอยด์แฟนทอมที่มีขนาดเล็กกว่าและจำนวนจุดน้อยกว่าทำให้การศึกษาเครื่องมือได้ไม่สมบูรณ์

4. วิลเลียมแฟนทอมมีขนาดกระทัดรัดไม่เล็กจนเกินไปจนเครื่องมือถ่ายภาพรังสีแกมมาถ่ายภาพไม่ได้ หรือมีขนาดใหญ่เกินไปจนต้องระมัดระวังความปลอดภัยขณะทำการวิจัย

5. สามารถใช้วิลเลียมแฟนทอมศึกษาความคมชัดของภาพจากเครื่องมือถ่ายภาพได้จากการสังเกตความเข้มของภาพบริเวณรอบ ๆ จุดและที่จุดแทนเนื้องอกในแฟนทอม

จากการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าวิลเลียมแฟนทอมเป็นแฟนทอมที่เหมาะสมสำหรับใช้ศึกษาการควบคุมคุณภาพของเครื่องมือสร้างภาพทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ได้ให้ผลไม่ต่างจากวิธีอื่นนักช่วยให้มีความสะดวกและปลอดภัยในการใช้เครื่องมือ