

บทที่ 13

ความสามารถในการตรวจหา หรือ ความคมชัดสุดท้ายในภาพ

วัตถุประสงค์ในการสร้างภาพ (imaging) ด้านการแพทย์ ได้แก่ การจับภาพส่วนที่มีการกระจาย (ของสารรังสี, ผู้แปล) ในบริเวณเล็ก ๆ หรือโฟกัสความผิดปกติ (หรือรอยโรค (lesion) ซึ่งอาจปรากฏอยู่ภายในอวัยวะหนึ่ง ๆ อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติยังมีขีดจำกัดอีกมากจึงไม่สามารถบรรลุเป้าหมายดังกล่าวได้ รวมทั้งขีดจำกัดต่ำสุดในการตรวจพบ รอยโรค ซึ่งถ้าต่ำกว่าระดับข้อกำหนดดังกล่าวจะไม่สามารถมองเห็นความผิดปกติของใคร ๆ การหาค่าของขีดจำกัดดังอธิบายแล้วนั้น ต้องอาศัยพารามิเตอร์ปริมาณต่าง ๆ ดังจะชี้แจงรายละเอียดต่อไป

ความคมชัดของภาพ

วัตถุประสงค์หลักของอุปกรณ์สร้างภาพทุกเครื่อง คือ เพื่อบันทึกรายละเอียดของวัตถุให้ปรากฏในภาพและเป็นไปตามความเป็นจริงที่ได้จากวัตถุ ปัญหาคือ เราจะตีความหมายของคำว่า “รายละเอียดของวัตถุ” อย่างไร? พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องได้แก่ พารามิเตอร์เกี่ยวกับสภาพแวดล้อมซึ่งเกิดการแปรค่าไปจากค่าที่กำหนดไว้ เช่น ความเข้ม (concentration) ของกัมมันตภาพรังสีในการทำสแกน (scanning) พารามิเตอร์ดังกล่าวนี้รู้จักดีในภาษานักฟิสิกส์คือ “ความคมชัดของภาพ” (object contrast) และมีความสำคัญที่สุด ในการตรวจบันทึกรอยโรคในทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ความคมชัดของภาพอวัยวะที่สนใจศึกษา ถูกสร้างขึ้นโดยการใช้เกสซิ่งรังสี ซึ่งมีการกระจายในเนื้อเยื่อผิดปกติมากกว่าในเนื้อเยื่อปกติหรือในทางกลับกัน ทั้งสองกรณีดังกล่าว ยิ่งความเข้มกัมมันตภาพรังสีมีการแปรค่าระหว่างเนื้อเยื่อปกติและเนื้อเยื่อผิดปกติมากเท่าใด จะยิ่งเป็นการง่ายที่จะสังเกตความผิดปกติ นั้นได้ ดังนั้นเกสซิ่งรังสีที่ก่อให้เกิดความคมชัดของรอยโรคได้มากกว่า จะมีความสามารถที่สูงกว่าในการตรวจความผิดปกติเมื่อเปรียบเทียบกับเกสซิ่งรังสีที่ก่อให้เกิดความคมชัดไม่มากนัก สำหรับวัตถุประสงค์เชิงปริมาณ (quantitative) อาจกำหนดให้ C_o แทนความคมชัดของภาพ ซึ่งเขียนความสัมพันธ์เป็น

$$C_o = \frac{\text{ความเข้มข้นในเนื้อเยื่อผิดปกติ} - \text{ความเข้มข้นในเนื้อเยื่อปกติ}}{\text{ความเข้มข้นในเนื้อเยื่อปกติ}}$$

ถ้าไม่มีความแตกต่าง (การแปรค่า) ระหว่างความเข้มข้นของกัมมันตภาพรังสีในเนื้อเยื่อผิดปกติและเนื้อเยื่อปกติ $C_o = 0$ (กล่าวคือไม่มีความคมชัด) เกสซิ่งรังสีใด ๆ ที่ทำให้ภาพไม่มีความคมชัดจะใช้ประโยชน์ไม่ได้ในการตรวจหาบริเวณผิดปกติ แต่ถ้ากัมมันตภาพรังสีในบริเวณผิดปกติมีความเข้มข้นมากกว่าบริเวณปกติค่า $C_o > 0$ กล่าวได้ว่าเกสซิ่งรังสีผลิตความคมชัด “โพซิทีฟ” (positive) ตัวอย่างได้แก่เกสซิ่งรังสีที่กำลังใช้ในปัจจุบัน

เพื่อทำสแกนสมอง (brain scanning) ผลิตความคมชัด “โพซิทีฟ” โดยทั่วไป C_0 จะมีค่าอยู่ในช่วง 15 – 25 กรณีที่มีกัมมันตภาพรังสีในบริเวณรอยโรคมากกว่าเนื้อเยื่อปกติ กล่าวว่าจะผลิตความคมชัด “เนกาทีฟ” (negative) ซึ่ง $C_0 < 0$ ค่าของ C_0 กรณีความคมชัดเนกาทีฟจะมีค่าไม่เกิน -1 เป็นค่าบ่งชี้ได้ว่าเกือบไม่มีกัมมันตภาพรังสีอยู่ในบริเวณรอยโรค ตัวอย่างเช่น “คอลลอยด์รังสี” (radiocolloid) ที่ใช้ในการสแกนตับ (liver scanning) มักจับอยู่ในบริเวณเนื้อเยื่อปกติมากกว่าในบริเวณรอยโรคผิดปกติจากเหตุผลที่เภสัชรังสีประเภทผลิตความคมชัดโพซิทีฟจะให้ค่าความคมชัดสูง ($C_0 > 1$) กว่าประเภทที่ผลิตความคมชัดเนกาทีฟ บรรดาเภสัชรังสีประเภทแรกจึงมีศักยภาพในการตรวจหาความผิดปกติได้สูงกว่าประเภทหลัง

สเปเชียลเรโซลูชันและความไวของอุปกรณ์สร้างภาพ

อุปกรณ์สร้างภาพ ไม่ว่าจะเป็นเรคทิลิเนียร์สแกนเนอร์ หรือ ซินทิลเลชันคาเมราจะบันทึกรายละเอียดในการกระจายตัวของนิวไคลด์รังสี เช่นเดียวกับกล้องถ่ายภาพบันทึกรายละเอียดของวัตถุ แท้จริงแล้วหลักการนี้ใช้ได้เช่นเดียวกันสำหรับสร้างภาพโดยใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น กล้องอิเล็กตรอนไมโครสโคป (electron microscope) กล้องส่องทางไกล (telescope) หรือหลอดเอ็กซเรย์ (X-ray tube) ในทุกกรณีมีเป้าหมาย คือ เพื่อผลิตภาพของวัตถุที่คมชัด แต่โซครายที่ไม่มีอุปกรณ์สร้างภาพชนิดใดสามารถผลิตภาพใหม่ซ้ำสอง (reproduce) จากรายละเอียดของวัตถุเดิมได้ และยังปรากฏการสูญเสียรายละเอียดบ้าง (ความคมชัดของภาพ) อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ พารามิเตอร์ของอุปกรณ์สร้างภาพ ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดลักษณะสมบัติในการลดความคมชัด หรือวัดความเที่ยงตรง (ในการสร้างภาพ, ผู้เขียน) หรือ fidelity ในการผลิตความคมชัดของภาพได้ใหม่ซ้ำสองเหล่านี้ เรียกว่า “สเปเชียลเรโซลูชัน” (spatial resolution) (คำว่า resolution หมายถึง ความสามารถในการแรงแจกความแตกต่าง ส่วน spatial หมายถึงสภาพแวดล้อมที่อยู่ในพิสัยการมองเห็นของกล้องถ่ายภาพ, ผู้แปล) อุปกรณ์สร้างภาพที่สเปเชียลเรโซลูชันดีกว่า จะสามารถผลิตภาพจากวัตถุได้ละเอียดกว่า (วัตถุที่มีความแตกต่างภายในก้อนเดียวกันไม่มากนัก, ผู้แปล) และจะสามารถใช้ตรวจรอยโรคเล็ก ๆ ได้ในขนาดที่เล็กกว่าอุปกรณ์สร้างภาพซึ่งมีสเปเชียลเรโซลูชันด้อยกว่า ดังนั้น สเปเชียลเรโซลูชันของสแกนเนอร์จึงเป็นพารามิเตอร์สำคัญซึ่งมีอิทธิพลต่อความสามารถในการตรวจหาโรค

ขีดจำกัดของสเปเชียลเรโซลูชันของอุปกรณ์สร้างภาพคืออะไร

ทางทฤษฎี โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับสแกนเนอร์นั้น ไม่มีขีดจำกัดในการออกแบบสแกนเนอร์ให้มีสเปเชียลเรโซลูชันที่ละเอียด แต่ขีดจำกัดเกิดจากเงื่อนไขบังคับในทางปฏิบัติสองข้อ คือ

- (1) โดสของกัมมันตภาพรังสีที่ให้คนไข้ต้องมีปริมาณต่ำ
- (2) เวลาที่ใช้ในการสแกนต้องเป็นเวลาสั้น ๆ

ข้อบังคับดังกล่าวส่งผลให้เกิดขีดจำกัดในปริมาณรังสีเกมมาซึ่งจะทำการตรวจวัดได้และแสดงค่าในภาพ ซึ่งในตอนต่อจากนี้เราจะเห็นได้ว่าปริมาณรังสีเกมมาหรือโฟตอน (photon) ในภาพจัดเป็นพารามิเตอร์สำคัญ

ที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพในการตรวจหารอยโรค ในการจัดเพื่อให้ได้จำนวนโฟตอนในภาพตามที่กำหนดไว้ ภายในช่วงเวลาหนึ่ง อุปกรณ์สร้างภาพต้องมีความไว (sensitivity) สูง ความไวของอุปกรณ์สร้างภาพใช้วัดความสามารถของอุปกรณ์ในการนับวัดรังสีแกมมาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ยิ่งอุปกรณ์มีความไวสูงจะยิ่งใช้เวลาน้อยในการนับวัดรังสีแกมมาปริมาณเท่ากันเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องที่มีความไวต่ำกว่า

แต่ความไวของอุปกรณ์สร้างภาพมีความสัมพันธ์กับสเปเชียลเรโซลูชัน เป็นส่วนกลับกำลังสอง (ดูในบทที่ 12) ดังนั้นอุปกรณ์สร้างภาพใดที่มีสเปเชียลเรโซลูชันเหนือกว่าอีกเครื่องหนึ่งด้วยแฟกเตอร์ 2 จะมีความไวลดลง 4 เท่า ในทางทฤษฎีการสูญเสียค่าความไวดังกล่าวทำให้ใช้เวลาในการสแกนหรือสร้างภาพเพิ่มขึ้นถึง 4 เท่า ทั้งยังต้องเพิ่มโดสแกมมันดภาพรังสีให้คนไข้มากขึ้นอีก 4 เท่า โดยทั่วไป การเพิ่มสเปเชียลเรโซลูชันจะเพิ่มด้วยแฟกเตอร์ 2 มากกว่า 4 เท่า ดังจะพบในตอนต่อไป

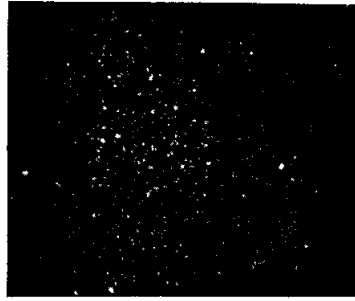
สถิติรอยสหรืออินฟอร์เมชันเคนซิติส

ในการย้อนผลิตรายละเอียดของวัตถุใหม่ แม้ว่าจะมีการใช้ความคมชัดด้วยค่าสูง ๆ อุปกรณ์สร้างภาพที่มีสเปเชียลเรโซลูชันดีก็ยังไม่เพียงพอ ส่วนตาของมนุษย์สามารถเห็นวัตถุที่มีความสว่างเพียงพอได้รายละเอียดอย่างรวดเร็ว แต่ไม่สามารถปฏิบัติดังกล่าวได้กับวัตถุขนาดใหญ่ซึ่งอยู่ในห้องมืด ดังนั้น ปริมาณแสงที่ปรากฏ (ปริมาณโฟตอน) จัดเป็นพารามิเตอร์สำคัญอีกตัวหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการมองเห็นรายละเอียดหรือความคมชัดของวัตถุ

จุดดังกล่าวได้สาธิตให้ชัดเจนในรูป 13-1 ซึ่งแสดงภาพของสาวงาม 6 ภาพโดยการเพิ่มจำนวนโฟตอนน้อย ๆ รายละเอียดจะได้เฉพาะบริเวณใหญ่ ๆ ซึ่งมีความแตกต่างสูง (จากบริเวณอื่น ๆ, ผู้แปล) ถ้าจำนวนโฟตอนเพิ่มขึ้น จะมองเห็นรายละเอียดของวัตถุในภาพได้ดีขึ้น หรือกล่าวได้ว่า จำนวนโฟตอนที่ต้องการในการมองเห็นรายละเอียดของวัตถุซึ่งกำหนดไว้เป็นบริเวณเฉพาะจะเจงงนั้นสัมพันธ์กับความแตกต่างภายในวัตถุเอง ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโฟตอนและความแตกต่างภายในวัตถุมีได้มีขีดจำกัดเฉพาะในภาพถ่ายเท่านั้น แต่เป็นปรากฏการณ์ทั่วไปในขบวนการสร้างภาพ

ประการสำคัญ คือ ความคมชัดลัพท์ภายในภาพ (หมายถึงความคมชัดในภาพซึ่งช่วยให้สามารถพบรอยโรคซึ่งปรากฏอยู่) เกิดจาก 2 องค์ประกอบ ได้แก่สเปเชียลเรโซลูชันที่เหมาะสมของอุปกรณ์และจำนวนโฟตอนซึ่งก่อให้เกิดภาพ องค์ประกอบหลังใช้เป็นเครื่องหาสถิติของ “นอยส์” (noise) ในภาพ กรณีวัตถุที่มีแสงสว่างพอเหมาะ (มีโฟตอนจำนวนมาก) จะมีองค์ประกอบที่เป็นขีดจำกัดสำคัญในการผลิตภาพใหม่ให้มีความคมชัดได้แก่ สเปเชียลเรโซลูชันของอุปกรณ์สร้างภาพ แต่ถ้าเป็นห้องมืด (มีโฟตอนน้อย) องค์ประกอบของขีดจำกัดได้แก่ค่าสถิติของสัญญาณรบกวน (statistical noise) ในภาพ

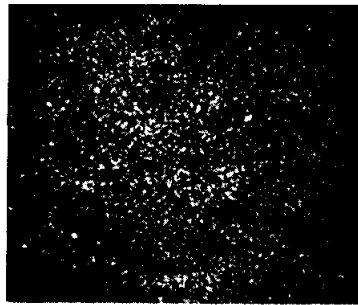
สำหรับห้องสว่างปานกลาง (มีโฟตอนจำนวนจำกัด) ความคมชัดลัพท์ในภาพหากจากองค์ประกอบทั้งสองดังกล่าวแล้ว



3.0×10^3 photons



7.0×10^5 photons



1.2×10^4 photons



3.0×10^6 photons



9.3×10^4 photons



2.8×10^7 photons

รูป 13-1 ภาพถ่ายที่มีข้อกำหนดเช่นเดียวกัน ยกเว้นการแปรค่าของปริมาณแสงทั้งหมด (จำนวนโฟตอน) ถ้าโฟตอนเพิ่มจำนวนขึ้น จะเห็นภาพชัดเจนขึ้น, แม้กล้องถ่ายภาพรูปที่มีเรโซลูชันสเปเชียลละเอียดเต็มจำนวนโฟตอนไม่เพียงพอจะมีเรโซลูชันไม่ดีพอที่จะเก็บรายละเอียดของวัตถุได้ (จาก Rose, A. : J Optical Society of America, 43 : 715, 1953)

ในวิชาศาสตร์นิวเคลียร์ สถิติของสัญญาณรบกวนในภาพนั้นมีความสัมพันธ์กับ “อินฟอร์เมชันเดนซิตี” (information density) ใช้เขียนย่อเป็น ID ซึ่งถูกนิยามเป็นจำนวนรังสีแกมมาที่มีค่านับวัดได้ต่อตารางเซนติเมตรของวัตถุ ถ้านำค่าอินฟอร์เมชันเดนซิตีคูณกับพื้นที่ของวัตถุ จะได้ค่าเฉลี่ยของโฟตอนในภาพ ถ้าทำการสแกนโดยใช้เรคทิลิเนียร์สแกนเนอร์จะเห็นได้ชัดเจน ในการตั้งค่าอินฟอร์เมชันเดนซิตี ซึ่งหากจากค่าอัตรานับวัดและความเร็วในการสแกน (ดูบทที่ 10) กรณีซินทิลเลชันคาเมร่าจะตั้งค่าของจำนวนโฟตอนทั้งหมดได้ง่ายกว่า ทั้งสองกรณีดังกล่าวสามารถจะลดค่าสถิติของสัญญาณรบกวนได้โดยวิธีเพิ่มอินฟอร์เมชันเดนซิตีหรือเพิ่มจำนวนโฟตอนทั้งหมด

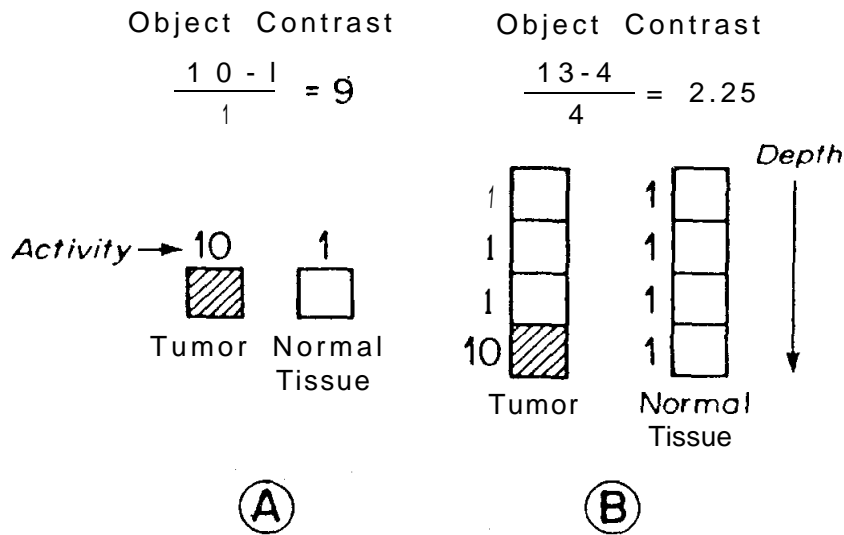
ในภาพก็ได้

สถิติของสัญญาณรบกวนหรือ “ความผิดพลาด” (error) ของค่านับวัด N หน่วย (count) ในภาพหนึ่ง จะมีความเป็น \sqrt{N} (หน้า 40)

จากเหตุผลที่ว่า จำนวนโฟตอนทั้งหมดหรืออินฟอร์เมชันเดนซิตีที่จำเป็นในการสังเกตเห็นรอยโรคนั้น ขึ้นอยู่กับความคมชัดของวัตถุ อินฟอร์เมชันเดนซิตีประมาณ 1,000 เกานต์/ซม.² ของอวัยวะ (หรือปริมาณ 300,000 เกานต์ในการสแกนสมองซึ่งเป็นงานประจำ) โดยทั่วไปค่าดังกล่าวเป็นที่ยอมรับว่าเป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับเครื่องสแกนที่มีจำหน่ายในปัจจุบัน การใช้อินฟอร์เมชันเดนซิตีที่ต่ำกว่าอาจก่อกรณีก้ำกึ่งของรอยโรค (border-line lesion) (ซึ่งมีความคมชัดน้อย) และสามารถมองเห็นได้ชัดในทางตรงกันข้าม ถ้าเพิ่มอินฟอร์เมชันเดนซิตีสูงกว่าค่ากลางดังกล่าวจะไม่ส่งผลในการนับวัดมากมายนัก เนื่องจากในระดับดังกล่าว องค์ประกอบของขีดจำกัดในการนับวัดได้แก่เรโซลูชันของอุปกรณ์สร้างภาพ

ในอนาคต ถ้าอุปกรณ์สร้างภาพซึ่งได้รับการพัฒนาสเปซเรโซลูชันโดยไม่มีการสูญเสียความไว มีจำหน่ายทั่วไป อาจมีการใช้อินฟอร์เมชันเดนซิตีค่าสูงกว่าในปัจจุบัน ตัวอย่างเช่น การพัฒนาสเปซเรโซลูชันจะเป็นการลดความไวด้วยแฟคเตอร์ 4 แสดงว่ากำลังกล่าวถึงแฟคเตอร์หนึ่งซึ่งมีค่า 16 นั่นคือ การพัฒนาขีดจำกัดต่ำสุดในการตรวจวัด (detectability) ด้วยแฟคเตอร์ 2 สำหรับอุปกรณ์สร้างภาพที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน รวมถึงเก็ตรังสีจะต้องเพิ่มเวลาที่ใช้ในการศึกษา (หรือตรวจวินิจฉัยโรค, ผู้แปล) ประมาณ 16 เท่า

การสร้างภาพ 2 มิติจากข้อมูลการกระจายสารรังสีแบบ 3 มิติ



รูป 13-2 การทำสแกนกับมันตาพรังสีในงานประจำทั่วไปได้แก่การสแกน 2 มิติ ภาพจะมี contrast ลดลง เนื่องจากความลึกแปรค่า ในตัวอย่างนี้แม้จะมี contrast 9 จะปรากฏ contrast เพียง 2.25 เท่านั้น และกรณีนี้ได้ใช้แฟคเตอร์แสดงความสำคัญเท่ากันทุกช่วง ในการสแกนทั่วไปจะหาผลเกี่ยวข้องกับดังกล่าวได้ถูกต้องเพียงใดนั้นขึ้นกับการแปรความไวตามความลึก

อุปกรณ์สร้างภาพไม่ว่าจะเป็นเรททีลีนีเออร์สแกนเนอร์หรือแกมมาคาเมราส่วนมีหน้าที่สำคัญคือ การรวบรวมกัมมันตรังสีที่ปรากฏอยู่ในมิติที่สาม (ความลึก) ของอวัยวะ ผลจากการรวบรวมดังกล่าว (กล่าวคือ ปริมาณกัมมันตภาพรังสีสะสมตามความลึก) ส่งผลให้มีการลด (degrade) ความสามารถในการตรวจหารอยโรค โดยการลดความคมชัดของภาพ (ดูรูป 13-2 เพื่อพิจารณาสมมุติฐานตามสภาวะ)

การกระเจิงแบบคอมป์ตันของรังสีแกมมา

ตามที่ได้อธิบายในบทที่ 10 รังสีแกมมาที่มีต้นกำเนิดอยู่ภายนอกสนามการมองเห็นของคอสมิเตอร์อาจเดินทางถึงหัววัดกัมมันตภาพรังสีได้โดยการกระเจิงแบบคอมป์ตัน ผลจากการกระเจิงดังกล่าวทำให้ความคมชัดของภาพลดลง ดังนั้นจึงเป็นการลดความสามารถในการตรวจวินิจฉัยรอยโรค วิธีการกำจัดการกระเจิงแบบคอมป์ตันทำโดยเลือกใช้ค่า “พัลส์ไฮท์” (pulse-height) ซึ่งนับว่ามีประสิทธิภาพในการเก็บบันทึกความคมชัดของภาพใหม่อีกครั้งหนึ่งซึ่งเคยสูญเสียไปเนื่องจากการกระเจิงแบบคอมป์ตัน อย่างไรก็ตามถ้าหัววัด NaI(Tl) มีเรโซลูชันพลังงานไม่สูงนัก ย่อมต้องมีการสูญเสียความคมชัดของภาพอยู่ปริมาณหนึ่งแน่นอน และถ้าจะแก้ไขโดยลดความกว้าง “วินโดว์” (window) เพื่อกำจัดค่านับวัดที่ไม่ต้องการ (คือส่วนที่เกิดจากการกระเจิง) ย่อมจะสูญเสียค่านับวัดที่เป็นส่วนถูกต้องไปด้วย ดังนั้นสรุปคือวินโดว์แคบเกินไปจะเพิ่มความคมชัดของภาพ แต่เกิดปัญหาสำหรับความไว ลักษณะดังกล่าวจะไม่เกิดในหัววัดประเภทมีเรโซลูชันพลังงานสูง เช่น หัววัด Ge(Li) อย่างไรก็ตามการแก้ปัญหานี้ได้แจ้งในบทที่ 8 แล้ว

การลดทอนพลังงาน

ต้นเหตุการลดทอนพลังงานรังสีแกมมาได้แก่ เนื้อเยื่อที่กัมมันตภาพรังสีกระจายอยู่และเนื้อเยื่อที่กั้นรังสีแกมมามิให้เดินทางถึงเครื่องสแกน การลดปริมาณดังกล่าวส่งผลเสียต่อความสามารถในการตรวจพบรอยโรค ผลลัพธ์คือรอยโรคที่อยู่บนผิวอวัยวะจะตรวจพบได้ง่ายกว่าบรรดารอยโรคที่อยู่ลึกเข้าไปในอวัยวะ

การเคลื่อนไหวของอวัยวะ (วัตถุ)

ถ้าคนไข้หรืออวัยวะ (โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือ ตับ ปอด และหัวใจ ซึ่งสามารถเคลื่อนไหวได้สูงสุดถึง 2 ซม.) มีการเคลื่อนไหวก็จะส่งผลถึงความสามารถในการตรวจหารอยโรคด้วยวิธีการสแกนผลของการเคลื่อนไหวซึ่งเกิดในวัตถุก่อให้เกิดภาพที่ได้มีความคมชัดลดลง สำหรับซินทิลเลชันคาเมราที่มีคอมพิวเตอร์ประกอบอยู่จะช่วยให้ง่ายในการกำจัดส่วนสูญเสียในความคมชัดของภาพซึ่งเกิดจากการเคลื่อนไหวดังกล่าว แต่ประโยชน์ในแง่กลืนึกของวิธีการดังกล่าวเมื่อเปรียบเทียบกับเวลาและความพยายามที่ใช้ยังมีได้มีกรกล่าวอย่างชัดเจน จึงจะไม่อธิบายรายละเอียดของวิธีการนี้

พารามิเตอร์ในการแสดงผล

ความสามารถในการแสดงผลความผิดปกติให้เหมือนสภาพความจริงนั้นขึ้นกับพารามิเตอร์ “ดิสเพลย์” เช่น การตั้งค่า “เอ็กซ์โพเชอร์” (exposure) ชนิดของฟิล์มที่ใช้ (เส้นโค้ง H-D ของฟิล์ม) ฯลฯ การแสดงที่ถูกต้องคืออัตรานับวัดที่สนใจศึกษาอยู่นั้นมีการแปรค่าในลักษณะที่สอดคล้อง (match) กับเส้นโค้ง H-D ซึ่งเป็นลัตติจูด (latitude) ที่มีประโยชน์มาก (ระหว่างจุด A และ B ในรูป 10-7)

การแปรของผลการวินิจฉัยเนื่องจากผู้สังเกต

สำหรับภาพที่มีขีดจำกัดเนื่องจากสัญญาณรบกวนหรือ “นอยส์” (noise) ความสามารถในการตรวจพบรอยโรคจะขึ้นกับผู้สังเกตด้วย (ในกรณีนี้หมายถึงแพทย์ในสาขาเวชศาสตร์นิวเคลียร์) ในภาพที่มีขีดจำกัดจากสัญญาณรบกวนจะต้องตัดสินใจว่ารอยโรคที่ปรากฏอยู่นั้นเกิดจากสัญญาณรบกวนหรือไม่ (“ฟอลส์” (false) หรือ “ทรู” (true)) การตัดสินใจในกรณีดังกล่าวนี้อาจแปรเปลี่ยนได้ตามแต่ผู้สังเกต (หมายถึงการลงความเห็นของแพทย์ซึ่งเป็นผู้อ่านผลจากภาพหรือฟิล์ม : ผู้แปล) การสังเกตที่แปรเปลี่ยนไปนี้จะศึกษาได้จากเส้นกราฟที่เรียกทั่วไปว่า ROC (receiver operated characteristics)