

บทที่ 10

การวัดรังสีแบบ อิน-วิโว

ตอนที่ 1

หัววัดและเครื่องสแกนเรกทิลิเนียร์ ปัญหาพื้นฐาน

การนับวัดกัมมันตภาพรังสีจากอวัยวะใด ๆ ภายในร่างกายโดยเครื่องนับวัดอยู่ภายนอก เรียกว่า การนับวัดแบบอิน-วิโว (in-vivo) ซึ่งเป็นเทคนิคทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์โดยเฉพาะ แยกประเภทรายละเอียดได้ 2 ลักษณะ คือ

- (1) organ uptake
- (2) organ scanning

ซึ่ง organ uptake เป็นการศึกษา uptake กัมมันตรังสีของอวัยวะทั้งในลักษณะ static ณ เวลาใด ๆ และ dynamic คือแปรตามเวลา ตัวอย่างเช่น การศึกษา uptake ของต่อมธัยรอยด์ ซึ่งเภสัชรังสีมักจะเป็นไอโอดีนรังสี การศึกษาการทำงานของไต โดยวิธีรีโนแกรม (renogram) การวัดเอาต์พุตของหัวใจ (cardiac output) และการคำนวณหาค่าการไหลเวียนของเลือด (blood flow) ส่วนในการศึกษา organ scanning สนใจการกระจายของกัมมันตภาพรังสีในอวัยวะ ทั้งกรณีแบบ static และ dynamic ตัวอย่างเช่น การสแกนตับ (liver scan) สนใจการกระจายของคอลลอยด์ติดฉลากกัมมันตรังสีในตับมากกว่าจะดูการ uptake ทั้งหมดของคอลลอยด์ในตับส่วนต่าง ๆ นอกจากนี้ยังมีกระดูก (bone) สมอง (brain) ปอด (lung) ม้าม (spleen) ไต (kidney) และธัยรอยด์

ตามที่อธิบายข้างต้นจะเห็นได้ชัดว่าวัตถุประสงค์ในการศึกษานั้นต่างกัน ดังนั้น อุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาจึงต่างกัน อย่างไรก็ตาม ปัญหาในการนับวัดแบบอิน-วิโว จะมีลักษณะเดียวกันและหัววัดก็คงใช้แบบเดียวกันคือ NaI(Tl) รายละเอียดในบทนี้ จะเกี่ยวข้องกับปัญหาพื้นฐานที่มักเกิดขึ้นในการนับวัดรังสีแบบ อิน-วิโว ซึ่งหัววัดจะอยู่ภายนอก และเครื่องมือที่ใช้ทั่วไปเพื่อการศึกษาลักษณะดังกล่าวข้างต้น

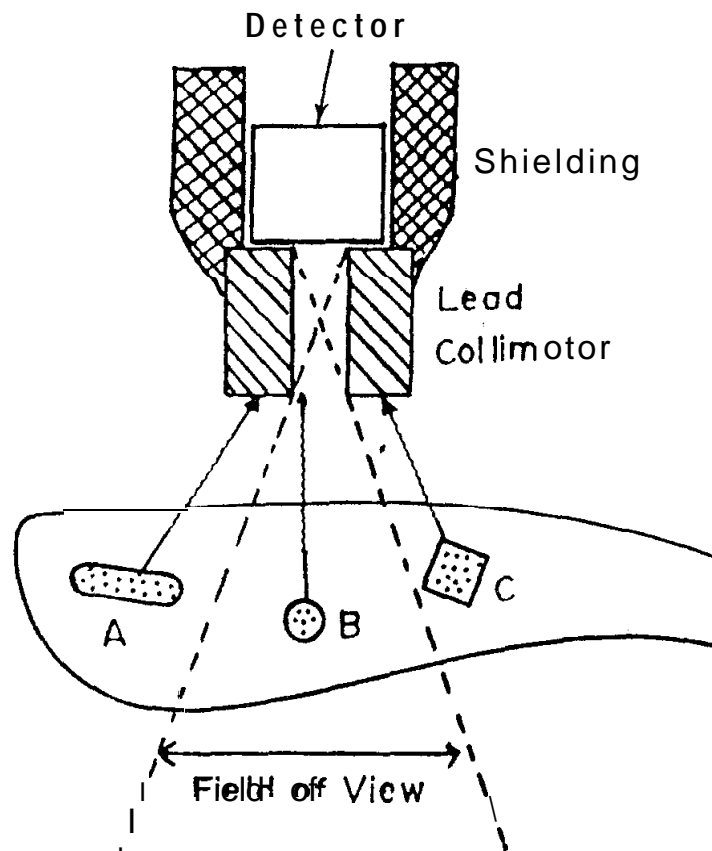
ปัญหาพื้นฐาน

การนับวัดกัมมันตภาพรังสีแบบ อิน-วิโว ซึ่งหัววัดอยู่ภายนอกร่างกายนั้นจะ ไม่คำนึงถึงนิวไคลด์รังสีที่มีได้เปล่งกัมมันตภาพรังสีที่ไม่มีอำนาจทะลุทะลวง กล่าวคือนิวไคลด์รังสีที่เปล่งรังสีแอลฟาหรือแกมมาเท่านั้น ปัญหาหลักที่เกี่ยวข้องได้แก่

- (1) การบังคับแนวทางเดินของรังสี หรือ “คอลลิเมชัน” (collimation)
- (2) การกระเจิงของรังสี (scattering)
- (3) การลดทอนพลังงานรังสี (attenuation)

คอลลิเมชัน :

เนื่องจากวัตถุประสงค์หลักคือ ต้องการนับวัดกัมมันตภาพรังสี ที่เปล่งออกจากอวัยวะ (หรือบางส่วนของอวัยวะ) หนึ่ง ๆ เท่านั้น ซึ่งถือได้ว่ามีปริมาณเล็ก ๆ จึงจำเป็นต้องกำจัดรังสีเอ็กซ์หรือแกมมาจากแหล่งอื่น (ได้แก่ส่วนอวัยวะอื่น ๆ ที่อยู่ใกล้เคียงกับบริเวณที่เราสนใจ) นิยมใช้อุปกรณ์เป็นตัวกำจัดกัมมันตภาพรังสี ส่วนที่ไม่ต้องการนั้น เรียกว่า “คอลลิเมเตอร์” (collimator) ซึ่งมีหลายแบบ ทั้งนี้ เพื่อสนองความต้องการของผู้ใช้นั้นเอง โดยทั่วไปมักทำด้วยตะกั่ว เนื่องจากราคาไม่แพง (เมื่อเทียบกับวัสดุอื่น) มีความหนาแน่นสูงและมีสัมประสิทธิ์การลดทอนพลังงานรังสีเอ็กซ์หรือแกมมาสูง (ในเวชศาสตร์นิวเคลียร์มักใช้พลังงาน $< 500 \text{ keV}$) รูป 10-1 แสดงแผนภาพของคอลลิเมเตอร์อย่างง่าย ๆ ข้อสังเกตที่ควรทราบคือ คอลลิเมชันอย่างง่ายย่อมไม่สามารถกำจัดกัมมันตภาพรังสีที่กระจายอยู่เหนือหรือใต้อวัยวะที่สนใจศึกษา นอกจากนี้คอลลิเมเตอร์ดังกล่าวมีค่าสนาม



รูป 10-1 คอลลิเมเตอร์อย่างง่าย บทบาทของคอลลิเมเตอร์คือทำหน้าที่กำหนดสนามการมองเห็นของหัววัดรังสี รังสีแกมมาที่เกิดจากต้นกำเนิดรังสี B เท่านั้นที่สามารถเข้าสู่หัววัดได้ ส่วนรังสีแกมมาที่เกิดจากต้นกำเนิด A และ C จะถูกคอลลิเมเตอร์กั้นไว้ คอลลิเมเตอร์ชนิดนี้จะมีสนามการมองเห็นกว้างขึ้นตามระยะห่างจากคอลลิเมเตอร์ ดังแสดงในแนวเส้นประ

การมองเห็น (field of view) ขึ้นกับ 2 พารามิเตอร์ ได้แก่ ความยาวและรัศมีของรูเปิดของคอลลิเมเตอร์ ผู้ใช้สามารถจะลดขนาดสนามการมองเห็นได้ตามต้องการ โดยลดค่ารัศมีหรือเพิ่มความยาวของคอลลิเมเตอร์ สำหรับคอลลิ-

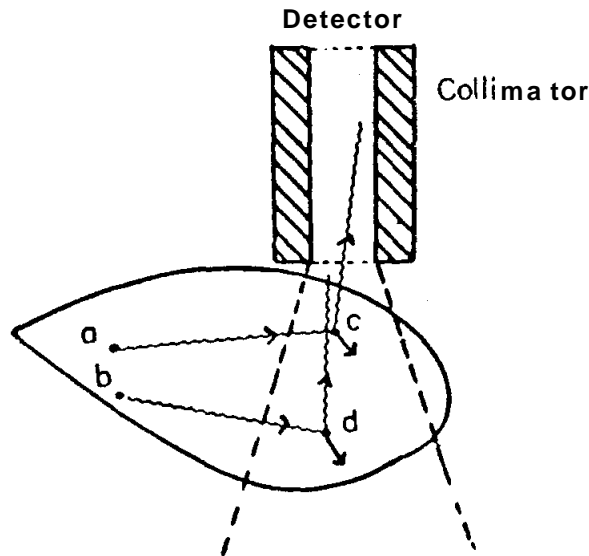
เมเตอร์แบบรูเดี่ยวจะสัมพันธ์กับเรโซลูชัน และความไวของคอลลิเมเตอร์

การกระเจิงของรังสี :

ตามที่ได้เคยอธิบายในบทที่ 6 เรื่องการกระเจิงของรังสีเมื่อพบกับอวัยวะใด ๆ ก็ตาม ซึ่งมักเรียกทับศัพท์เป็น “คอมป์ตันสแคตเตอริงก์” ในกรณีนี้ รังสีเอ็กซ์หรือแกมมาจะถ่ายทอดพลังงานบางส่วนให้กับอวัยวะ และส่วนที่เหลือจะเคลื่อนที่ในแนวทิศทางใหม่ และมีโอกาสที่รังสีเอ็กซ์หรือแกมมาดังกล่าวจะเดินทางเข้าสู่หัววัดรูป 10-2 การกำจัดรังสีที่เกิดจากการกระเจิงดังกล่าว อาจทำได้โดยใช้อุปกรณ์กำจัดสัญญาณซึ่งนิยมเรียกทับศัพท์เป็น “ดิสคริมิเนเตอร์” (discriminator) อุปกรณ์ดังกล่าวเป็นส่วนหนึ่งของอุปกรณ์วิเคราะห์สัญญาณ (เรียกย่อ ๆ เป็น PHS = pulse-height selector) ซึ่งทำหน้าที่เลือกเฉพาะสัญญาณที่มีความสูงสมนัยกับโฟโตพีคแกมมาที่ไม่กระเจิงเท่านั้น ประสิทธิภาพของ PHS ขึ้นกับเรโซลูชันพลังงานของหัววัดด้วย สำหรับ NaI(Tl) มีความสามารถสูงปานกลางในการกำจัดพลังงาน (FWHM 50 keV สำหรับรังสีแกมมา 660 keV) ทั้งนี้เทียบกับ Ge(Li) ซึ่งเป็นหัววัดแบบสารกึ่งตัวนำ (FWHM 3-5 keV) แต่เหตุผลหนึ่งที่ไม่นิยมใช้หัววัดแบบสารกึ่งตัวนำในเวชศาสตร์นิวเคลียร์ คือความไวต่ำ (เมื่อเทียบกับ NaI(Tl) ซึ่งรายละเอียดได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 8)

การลดทอนพลังงานรังสี :

สำหรับการนับวัดกัมมันตภาพรังสีแบบ อิน-วิโว การลดทอนพลังงานของสารกัมมันตรังสีจัดเป็นปัญหาที่ยุ่ยากพอสมควร เนื่องจากไม่ทราบความลึก รูปร่าง และขนาดของอวัยวะที่เป็นตัวแปลงกัมมันตภาพรังสี



รูป 10-2 รังสีแกมมาที่เกิดจากการกระเจิงแบบคอมป์ตันซึ่งเกี่ยวข้องกับหน้าของคอลลิเมเตอร์ รังสีแกมมาที่มีต้นกำเนิดที่จุด a และ b ถ้าเกิดการกระเจิงแบบคอมป์ตันที่จุด c และ d หมายถึงอิเล็กตรอนที่ถูกทำให้กระเจิงไป แนวเส้นประที่ลากออกจากรูเปิดของคอลลิเมเตอร์แสดงสนามการมองเห็นของคอลลิเมเตอร์

โดยอาศัยค่าพลังงานเกมมาที่ต้องการตรวจวัด และความไว ในการศึกษา uptake ของต่อมธัยรอยด์ ถ้าใช้ ¹³¹I หน่วยงานทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (IAEA) เสนอว่าไม่ควรใช้ผลึกขนาดเล็กกว่า 1" × 1" โดยทั่วไปสามารถใช้ผลึกขนาด 1 ½" × 1" นับว่าเพียงพอสำหรับงานที่ใช้ ¹³¹I และงานปฏิบัติการอื่น ๆ ใน แผนกเวชศาสตร์นิวเคลียร์

2. คอลลิเมเตอร์ :

การจะเลือกใช้คอลลิเมเตอร์แบบใดนั้นขึ้นกับการประยุกต์ในแต่ละงาน เนื่องจากคอลลิเมเตอร์แต่ละชนิดได้รับการออกแบบมาโดยเฉพาะนั่นเอง อย่างไรก็ตาม ความต้องการทั่วไปมีดังนี้

- 2.1 ต้องมีประสิทธิภาพสูงที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อกันมิให้ คนไข้ได้รับโดสกัมมันตภาพรังสีมากเกินไป
- 2.2 คอลลิเมเตอร์ควรมีช่วงสนามของการมองเห็น (field of view) อย่างชัดเจนและยืดหยุ่นใช้ได้ดี กับอวัยวะขนาดต่าง ๆ กัน (ในผู้ป่วยต่างกัน) แต่ในขณะเดียวกัน จะต้องกันกัมมันตภาพรังสีที่มาจากอวัยวะอื่น

