หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทที่ 3

หลักการสอบเทียบความแม่นยำของเครื่องมือวัดรังสี

เนื่องจากเครื่องมือที่ใช้ในการสอบเทียบความแม่นยำครั้งนี้มีอยู่ด้วยกัน 2 ชุด คือ ชุดแรกได้รับการปรับเทียบมาจากมาตรฐานปฐมภูมิของประเทศนิวซีแลนด์ เพื่อใช้เป็นมาตรฐานทุติยภูมิ และยังใช้ในการวัดปริมาณรังสีตามโรงพยาบาลต่าง ๆ ด้วย ซึ่งได้แก่ห้องตัวควบแน่นวิคตอรีนขนาดต่าง ๆ และห้องการแตกตัวบาลด์วิน ฟาร์เมอร์ ส่วนอีกชุดหนึ่งคือห้องการแตกตัวคูสท์เนอร์ พิเกลา (Kustner Pychlau) ซึ่งได้รับการสอบเทียบจากมาตรฐานปฐมภูมิของประเทศเยอรมัน และเนื่องจากห้องการแตกตัวคูสท์เนอร์มีขนาดใหญ่และน้ำหนักมากยากแก่การเคลื่อนย้าย จึงไม่เหมาะที่จะนำออกไปใช้วัดปริมาณรังสีตามโรงพยาบาลต่าง ๆ จึงได้ใช้เป็นมาตรฐานทุติยภูมิในการสอบเทียบความแม่นยำของเครื่องมือวัดรังสีที่มีใช้อยู่ในประเทศไทย ซึ่งหลักการทำงานของห้องตัวควบแน่นวิคตอรีน ห้องการแตกตัวบาลด์วิน ฟาร์เมอร์ และห้องมอนิเตอร์ ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2 ส่วนหลักการทำงานของห้องการแตกตัวคูสท์เนอร์ก็คล้ายกับหลักการทำงานของห้องการแตกตัวมาตรฐานซึ่งได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2 เช่นกัน

สำหรับการสอบเทียบความแม่นยำของเครื่องมือวัดรังสีใด ๆ ที่จะเปรียบเทียบกับห้องการแตกตัวมาตรฐานนั้นจำเป็นต้องทำการสอบเทียบในสภาวะการณ์ – เหมือนกันหมดทุกอย่าง กล่าวคือต้องทำการสอบเทียบในขณะที่อุณหภูมิ ความชื้น และความดันมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด และถ้าเป็นไปได้ควรจะมีเครื่องควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และความดันอยู่ภายในห้องปฏิบัติการด้วยก็จะดีมาก ถ้าหากไม่มีก็ควรทำการสอบเทียบในเวลาไล่เลี่ยกัน ต้องเลือกใช้ขนาดลำแสง (Field size) ให้เหมาะกับห้องการแตกตัวแต่ละชนิด (ให้พื้นที่ของลำแสงที่ตำแหน่งของห้องการแตกตัวมีขนาด 3 เท่าของพื้นที่ของปริมาตรไวแสงของห้องการแตกตัวนั้น ๆ)

และต้องใช้ขนาดลำรังสีเท่ากับที่ใช้กับห้องการแตกตัวมาตรฐานด้วย แล้วเลือกใช้เทคนิคในการสอบเทียบให้เหมือนกันมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ จัดระยะระหว่างห้องการแตกตัวแต่ละชนิด กับจุดโฟกัสของหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ให้ห่างเท่ากัน

อย่างไรก็ตาม นอกจากสิ่งที่ได้กล่าวถึงแล้วนี้ ยังต้องคำนึงถึงข้อผิดพลาดอื่น ๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้ในระหว่างทำการสอบเทียบ ซึ่งมีดังต่อไปนี้ :-

3.1 <u>ความคงที่ของปริมาณรังสีจากหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์</u>

สำหรับเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ที่จะใช้ในการสอบเทียบความแม่นยำนี้จะต้องให้ปริมาณรังสีออกมาเท่ากันทุกครั้ง กล่าวคือถ้าตั้งเครื่องไว้เหมือนกันหมดทุกครั้ง (kV, mA, แผ่นกรองแสงและเวลาเท่ากันหมด) เมื่อเดินเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์แล้วจะต้องมีรังสีออกมาเท่ากันทุกครั้ง หรือถ้าต่างกันก็ต่างกันน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ ตลอดการสอบเทียบถ้าทำการสอบเทียบโดยไม่มีมอนิเตอร์ ค่า kV ที่ใช้ไม่ควรผิดพลาดเกิน 1-2% ส่วน mA ไม่ควรเกิน 2% ซึ่งถ้ามีการเปลี่ยนแปลงเกินกว่านี้จะทำให้ปริมาณรังสีในอากาศที่ได้ผิดพลาดเกิน 2%[1] แต่ถ้ามีมอนิเตอร์เป็นตัวเทียบจะสามารถตัดปัญหาเรื่องความไม่คงที่ของ kV และmA ลงได้ สำหรับเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ที่ใช้ในการสอบเทียบครั้งนี้คือ SIEMENS "STABILIPAN" ขนาด 300kV, 20mAซึ่งเป็นเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์แบบที่ใช้กันอยู่ตามห้องทดสอบมาตรฐานทุติยภูมิ (Secondary Standard Laboratory) ในต่างประเทศหลาย ๆ ประเทศ เพราะวงจรไฟแรงสูงของเครื่องนี้เป็นแบบฟูลเวฟ เรคติไฟ (Full Wave Rectified) ซึ่งมีตัวควบแน่นช่วยกรองให้ศักดาไฟฟ้าแรงสูงของเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์นี้มีค่าคงที่เท่าที่ทดสอบดูพบว่าที่กิโลเวลเตจสูงกว่า 250 ค่ากิโลโวลเตจนี้จะมีการเปลี่ยน -

---

[1] John B. Masscy : Manual of Dosimetry in Radiotherapy, I.A.E.A., Vienna, 1970, p.9.

แปลงประมาณ 1% เท่านั้น ที่ kV ต่ำกว่านี้จะคงที่มาก ส่วน mA ค่อนข้างคงที่มาก คือมีการเปลี่ยนแปลงประมาณ 0.5% เท่านั้น แต่อย่างไรก็ตามเพื่อแก้ปัญหาเรื่องความไม่คงที่ดังกล่าวจึงได้ใช้มอนิเตอร์มาเป็นตัวบอกการเปลี่ยนแปลงนี้ แล้วคำนวณแก้ไขให้ถูกต้อง

3.2 มอนิเตอร์

ในการที่จะใช้มอนิเตอร์เป็นตัวบอกความคงที่ของปริมาณรังสีที่ได้จากหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์นั้นก็ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ที่อาจทำให้ผลการทดลองผิดพลาดไปด้วย ถ้าให้อัตราปริมาณรังสีในอากาศที่ห้องการแตกตัวที่จะสอบเทียบได้รับเท่ากับอัตราปริมาณรังสีในอากาศที่ห้องการแตกตัวมาตรฐานได้รับ อาจมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นได้ 3 ประการ คือ

3.2.1 ความไม่สม่ำเสมอของปริมาณรังสีตามจุดต่าง ๆ ในลำรังสี กล่าวคือมอนิเตอร์ที่จะใช้ต้องเป็นมอนิเตอร์ที่มีผนังของห้องบางมากจนเกือบถือได้ว่าปริมาณรังสีก่อนและหลังผ่านมอนิเตอร์มีปริมาณเท่ากัน และในการจัดตำแหน่งของมอนิเตอร์ก็ต้องพยายามจัดให้ระนาบของห้องมอนิเตอร์ตั้งฉากกับลำแสงด้วย มิฉะนั้นตัวมอนิเตอร์จะทำให้ความสม่ำเสมอของปริมาณรังสีตามจุดต่าง ๆ ในลำแสงเปลี่ยนแปลงได้ และนอกจากนี้ตัวมอนิเตอร์เองจะต้องไม่ทำให้คุณภาพของรังสีที่ได้เปลี่ยนไปด้วย กล่าวคือถ้าผนังของมอนิเตอร์หนามากจะทำให้รังสีที่ผ่านมอนิเตอร์แล้วมีค่าพลังงานยังผลเปลี่ยนไป ดังนั้นถ้ารังสีเอกซ์ที่จะใช้งานมีพลังงานต่ำมาก ๆ ($5-50 kV_p$) ควรใช้มอนิเตอร์แบบอากาศอิสระ (Free Air Monitor Chamber) แทน

และโดยปรกติปริมาณรังสีตามจุดต่าง ๆ ในลำรังสีเอกซ์จะไม่เท่ากันทุกจุด ดังนั้นจึงต้องจัดให้ห้องการแตกตัวที่จะสอบเทียบและห้องการแตกตัวมาตรฐานอยู่ที่จุดเดียวกัน เพื่อให้ได้ค่าอัตราปริมาณรังสีในอากาศโดยเฉลี่ยเท่ากัน ทั้งนี้ต้อง

รวมไปถึงขนาดของลำแสงที่ใช้ก็ต้องเท่ากันด้วย

3.2.2 รังสีทุติยภูมิ ในขณะที่เอาห้องการแตกตัวมาตรฐานและห้องการแตกตัวที่จะสอบเทียบไปฉายรังสีนั้น จะทำให้มีรังสีทุติยภูมิบางส่วนสะท้อนจากห้องการแตกตัวนั้น ๆ กลับเข้ามาในมอนิเตอร์ด้วยปริมาณที่ไม่เท่ากัน ซึ่งความผิดพลาดนี้จะมีค่ามากถ้ามอนิเตอร์ที่ใช้มีขนาดใหญ่มาก หรือระยะทางระหว่างห้องการแตกตัวนั้น ๆ กับมอนิเตอร์สั้นมากเกินไป แต่อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองของ Stevens กับ Richardson (1961)[1] และ Henry กับ Aitken (1961)[2] พบว่า ถ้าระยะระหว่างมอนิเตอร์และห้องการแตกตัวนี้ไม่น้อยกว่า 50 ซม. และเส้นผ่าศูนย์กลางของมอนิเตอร์ไม่ใหญ่กว่าลำแสงมากนักแล้ว ความผิดพลาดในกรณีนี้จะมีค่าน้อยจนสามารถตัดทิ้งได้ ซึ่งในการสอบเทียบนี้ได้จัดระยะระหว่างมอนิเตอร์และห้องการแตกตัวนี้ให้ห่างกันประมาณ 70 ซม. และขนาดของลำแสงที่ตัว – มอนิเตอร์ก็มีขนาดพอ ๆ กับมอนิเตอร์ด้วย และนอกจากนี้ยังได้จัดให้มีไดอะแฟรมอีกอันหนึ่งอยู่ระหว่างมอนิเตอร์และห้องการแตกตัวที่จะทำการสอบเทียบเพื่อทำให้ปริมาณรังสีทุติยภูมิที่จะสะท้อนจากห้องการแตกตัวนี้มายังมอนิเตอร์มีค่าคงที่เท่ากันด้วย

3.2.3 ความผิดพลาดของเวลา ถ้าจะกำหนดระยะเวลาในการฉายรังสีโดยการเปิดและปิดเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ หรือโดยการเปิดและปิดสวิทช์ของ

---

[1] Stevens, J., and Richardson, J.F. (1961) Private communication

[2] Henry, W.H., and Aitken, J.H. (1961) Monitoring ionization chamber for an X-ray generator, Brit. J. Radiol. 35, 516

เครื่องวัดรังสีพร้อมกับการเปิดและปิดเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ เนื่องจากห้องการแตกตัวที่ใช้และมอนิเตอร์มีการตอบสนองที่พลังงานต่าง ๆ ไม่เท่ากัน จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่จะทำให้ผิดพลาดขึ้นได้ในขณะที่เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์กำลังปรับตัวเองให้ได้ศักดาไฟฟ้าตามที่ตั้งไว้ และที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือสวิทช์ของห้องการ - แตกตัวมาตรฐานและของมอนิเตอร์ทำงานไม่พร้อมกัน ซึ่งความไม่พร้อมนี้ยากที่จะทำการวัดค่าได้ ทางที่ดีจึงควรใช้กลไกเปิดปิดลำแสง (Electrical Shutter)มาช่วยเป็นตัวกำหนดระยะเวลาในการฉายรังสีแทน แต่ในการใช้กลไกเปิดปิดลำแสงนี้ ก็ต้องใช้เวลาในการเปิดและปิดเช่นกัน ซึ่งถ้าเวลาในการเปิดและปิดไม่เท่ากันก็จะทำให้เกิดความผิดพลาดในการวัดรังสีขึ้นได้ แต่ก็สามารถหาค่าออกมาแล้วคำนวณแก้ไขผลที่ได้ให้ถูกต้องได้ อย่างไรก็ตามถ้าใช้เวลาเดินเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์นานพอสมควรก็จะทำให้ความคลาดเคลื่อนนี้มีค่าน้อยลงได้

3.3 รังสีที่ไม่พึงปรารถนา (Off-focus Radiation)

ในการสอบเทียบความแม่นยำของเครื่องมือวัดรังสีโดยใช้ห้องการ - แตกตัวมาตรฐานเป็นตัวเปรียบเทียบนี้ ต้องจัดให้ตำแหน่งของมอนิเตอร์ ห้องการแตกตัวมาตรฐาน และห้องการแตกตัวที่จะสอบเทียบมองเห็นจุดกำเนิดรังสีจุดเดียวกัน และนอกจากนี้ยังต้องพยายามจัดให้ลำรังสีที่ไปปรากฏอยู่ภายในห้องการ - แตกตัวมาตรฐานเกือบจะเป็นลำแสงขนานมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยใส่ไดอะแฟรมอันแรกไว้ให้ชิดกับหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งไดอะแฟรมอันนี้หมายถึงระบบเปิดปิดลำแสงของหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์นั่นเอง แล้วใส่ไดอะแฟรมอันที่สองไว้ระหว่างไดอะแฟรมอันแรกกับมอนิเตอร์ ซึ่งไดอะแฟรมอันที่สองนี้จะช่วยลดรังสีที่ไม่พึงปรารถนาที่จะไปปรากฏที่มอนิเตอร์ให้น้อยลงได้ ในการจัดแบบนี้ทำให้ต้องจัดให้มอนิเตอร์อยู่ห่างจากหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์มากขึ้น เท่ากับเป็นการลดความไวของมอนิเตอร์ลง แต่ประโยชน์ที่สำคัญคือทำให้อุณหภูมิของมอนิเตอร์ -

ค่อนข้างคงที่ เนื่องจากไม่ได้รับการถ่ายเทความร้อนจากหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์โดยตรงนั่นเอง นอกจากนี้ยังได้สร้างไดอะแฟรมขึ้นอีกอันหนึ่งไปวางไว้ระหว่างมอนิเตอร์และห้องการแตกตัวเพื่อทำให้ปริมาณรังสีทุติยภูมิที่สะท้อนจากห้องการแตกตัวมายังมอนิเตอร์มีค่าคงที่ และไดอะแฟรมอันนี้จะช่วยลดรังสีที่ไม่พึงปรารถนาได้อีกต่อหนึ่งด้วย

ในการสอบเทียบนี้ก็ได้ใช้ระบบเปิดปิดลำแสง ให้ทำหน้าที่เป็นไดอะแฟรมอันแรก และสร้างไดอะแฟรมขึ้นเองอีกสองอัน โดยอันหนึ่งไปไว้ระหว่างระบบเปิดปิดลำแสงนี้กับมอนิเตอร์ และอีกอันหนึ่งวางไว้ระหว่างมอนิเตอร์และห้องการแตกตัว ซึ่งนอกจากจะแก้ปัญหาดังกล่าวแล้ว ยังสามารถแก้ปัญหาเกี่ยวกับเพนอัมบร้า เอฟเฟคท์ (Penumbra Effect) ด้วย[1]

3.4 <u>อัตราปริมาณรังสีในอากาศที่ใช้ในการสอบเทียบ</u>

ในการสอบเทียบความแม่นยำของห้องการแตกตัวขนาดใหญ่พอสมควร และทำการสอบเทียบในช่วงพลังงานปานกลาง จะต้องจัดให้ระยะระหว่างห้องการแตกตัวนั้นและโฟกัสของหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์อยู่ห่างกันมากพอสมควร เพื่อให้ลำแสงที่ผ่านเข้าไปภายในห้องการแตกตัวนั้นค่อนข้างจะเป็นลำแสงขนาน ด้วยเหตุนี้จึงถือคล้ายเป็นกฎในการสอบเทียบความแม่นยำว่า จะต้องทำการสอบเทียบในช่วงอัตราปริมาณรังสีในอากาศต่ำ ๆ ซึ่งในต่างประเทศที่ทำกันมาส่วนมากใช้อัตราปริมาณรังสีในอากาศอยู่ในช่วง 2-20 R/min[2] ที่พลังงานปานกลาง และที่พลังงานสูงมาก ๆ จะใช้อัตราปริมาณรังสีในอากาศไม่เกิน 0.1 R/min.

แต่การเลือกใช้อัตราปริมาณรังสีในอากาศต่ำ ๆ ในการสอบเทียบนี้มีข้อเสียคือ เวลาที่เอาเครื่องมือที่ได้รับการปรับเทียบแล้วนี้ไปใช้งานจริง ๆ มักจะ -

---

[1] ดูภาคผนวก ข.

[2] ICRU Report 10 b. (1962) Physical Aspects of Irradiation., P.61.

ไม่ค่อยได้นำไปใช้วัดที่อัตราปริมาณรังสีในอากาศต่ำ ๆ ส่วนมากอัตราปริมาณรังสีในอากาศจะสูงกว่านี้ และนอกจากนี้ยังมีปัญหาเรื่องการรั่วไหลของประจุและความไม่คงที่ของเครื่องมือวัดรังสี อันเนื่องมาจากการที่ต้องใช้เวลาในการสอบเทียบนานจึงจำเป็นต้องทดสอบดูค่าการรั่วไหลของประจุก่อนไปทำการสอบเทียบจริง ๆ

สำหรับการสอบเทียบเครื่องมือวัดรังสีที่มีความไวสูงมาก ๆ จะต้องใช้อัตราปริมาณรังสีในอากาศต่ำมาก ๆ ซึ่งทำได้โดยการเพิ่มความหนาของแผ่นกรองแสง แต่การเพิ่มความหนาของแผ่นกรองแสงนี้จะทำให้ค่าพลังงานยังผลของรังสีที่ออกมาเปลี่ยนไปจากที่ใช้งานจริง ๆ ซึ่งถ้าหากว่าค่าตัวประกอบการปรับเทียบของเครื่องมือวัดรังสีนั้นขึ้นกับพลังงานของรังสีมาก กล่าวคือถ้าพลังงานยังผลเปลี่ยนไปเล็กน้อยจะทำให้ค่าตัวประกอบการปรับเทียบเปลี่ยนไปมาก ก็จะทำโดยวิธีนี้ไม่ได้ จะต้องทำโดยวิธีต่อไปนี้คือ

1) ลดกระแสของหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ ถ้าหากสามารถทำได้ เพราะในเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์บางเครื่องจะลดกระแสลงมากนัก แล้วเปิดสวิทช์ให้เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ทำงานไม่ได้ หรือถ้าได้ก็จะทำให้ปริมาณรังสีที่ออกมาไม่สม่ำเสมอ จนทำให้มันต้องหยุดการทำงานเอง ดังนั้นถ้าสามารถลดกระแสนี้ลงได้ก็ลดไป ถ้าไม่ได้ก็ต้องทำโดยวิธีที่ 2

2) เพิ่มระยะทางระหว่างหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์และห้องการแตกตัว ซึ่งจะทำวิธีนี้ได้ถ้าห้องปฏิบัติการมีที่ว่างพอ และจะต้องคำนึงถึงเรื่องการสะท้อนกลับ (Backscatter Effect) ของวัตถุที่อยู่รอบ ๆ ด้วยว่าจะต้องไม่ทำให้มีรังสีสะท้อนกลับเข้ามาในเครื่องวัดรังสีมากนัก วิธีนี้ยังช่วยให้ลำแสงที่ได้มีความสม่ำเสมอดี และลำของรังสีที่เกิดขึ้นภายในห้องการแตกตัวมาตรฐานเป็นลำแสงขนานมากขึ้นด้วย จึงเหมาะจะใช้วิธีนี้ในการสอบเทียบความแม่นยำของเครื่องมือวัดรังสีที่มีขนาดใหญ่ ใน

กรณีที่ห้องการแตกตัวมาตรฐานและห้องการแตกตัวที่จะสอบเทียบมีความไวต่างกันมาก จะต้องจัดให้ห้องการแตกตัวที่มีความไวน้อยอยู่ใกล้หลอดกำเนิดรังสีเอกซ์มากกว่า แล้วอาศัยการคำนวณตามกฎกำลังสองผกผัน โดยต้องคำนึงถึงการขวางกั้นรังสีโดยอากาศด้วย หรืออาจจะทดลองหาค่าตัวประกอบการแก้สำหรับระยะทางออกมาเลยก็ได้