การเปรียบเทียบค่าปริมาณรังสี reference air kerma rate ระหว่างการวัดและหนังสือรับรองจากผู้ผลิตสำหรับ **สารกัมมันตรังสี Ir-192** ชนิดอัตราปริมาณรังสีสูง

The reference air kerma rate comparison between measurements and certificates for Ir-192 high dose rate

โชติกา จำปาเงิน, ชุลี วรรณวิจิตร, ศักดา กิ่งแก้ว
Chotika Jumpangern, Chulee Vannavijit, Sakda Kingkeaw

สาขารังสีรักษาและมะเร็งวิทยา ฝ่ายรังสีวิทยา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย
Division of Radiation Oncology, Department of Radiology, King Chulalongkorn Memorial Hospital, Thai Red Cross Society

Abstract

Background: Brachytherapy patients should be obtained accurate dose in order to treat as intended.

Objective: To report retrospective comparison of measured reference air kerma rate (RAKR) for Ir-192 HDR(high dose rate) pellet source with the certificate issued by the manufacturer.

Materials and methods: The well-type ionization chamber was a measurement tool of 22 RAKR for Ir-192 pellet sources MicroSelectron V2 type. It was connected to the electrometer to read collected charge. The pellet dwell position that presented the maximum reading of collected charge value was searched. The collected charge reading at maximum reading dwell position was performed for 3 times for each 300 seconds dwell time. The averaged charge readings were corrected for source transit effect calibrated, air density and charge recombination. The reading was calculated to RAKR and compared with the manufacturer's one.

Results: The maximum charge reading position was found at 19th pellet dwell position. The RAKR differences between measurement and certification were ranged from -0.76% to+1.15% with the average value of -0.02±0.56%. The measured RAKRs were less than the certificate done for 12 out of 22 pellets. The differences between measured and manufacturer's RAKRs were larger than 1% noticed for 2 out of 22 pellets.

Conclusion: Each replacement of the new source, the medical physicist must verify the manufacturer's RAKR. It is an important process as the quality control in brachytherapy treatment. This study shows that the differences between measured RAKR and the certificate are in the range from -0.76% to +1.15% which is not more than ±3% as required by universal standard.

Key Words:Ir-192 HDR, pellet source, reference air kerma rate

บทคัดย่อ

หลักการและเหตุผล: การรักษาด้วยรังสีระยะใกล้ผู้ป่วยควรได้รับปริมาณรังสีอย่างถูกต้องจึงจะทำให้ผู้ป่วยได้รับการรักษาตามเป้าหมาย

วัตถุประสงค์:เพื่อรายงานผลย้อนหลังการเปรียบเทียบค่า reference air kerma rate (RAKR) จากการวัดเพื่อสอบเทียบสารกัมมันตรังสี Ir-192 และค่าจากหนังสือรับรองจากผู้ผลิต

วัสดุและวิธีการ:เครื่อง well-type ionization chamber สำหรับตรวจวัดปริมาณรังสีจากสารกัมมันตรังสี Ir-192 ชนิด MicroSelectron V2 จำนวน 22 เม็ดระหว่างปี 2552-2561 เชื่อมต่อกับมิเตอร์เพื่ออ่านค่าประจุไฟฟ้าทำการหาตำแหน่งของเม็ดสารกัมมันตรังสีที่ให้ค่าอ่านประจุไฟฟ้าได้มากที่สุด จากนั้นทำการวัดจำนวน 3 ครั้งที่ตำแหน่งนั้นใช้เวลาในการเก็บประจุ 300 วินาทีต่อครั้งและหาค่าเฉลี่ยค่านับวัดนำมาแก้ค่าเนื่องจากการเดินทางของเม็ดสารกัมมันตรังสี ความหนาแน่นอากาศ และประจุไฟฟ้ารวมตัว ทำการคำนวณปริมาณรังสีจากการวัดและเปรียบเทียบกับค่าจากหนังสือรับรอง RAKRจากผู้ผลิต

ผลการศึกษา:ตำแหน่งที่ให้ค่าประจุไฟฟ้าสูงสุดอยู่ที่ตำแหน่งที่ 19 พบความแตกต่างจากการเปรียบเทียบค่าจากการวัดกับค่าที่แสดงจากหนังสือรับรองมีค่าอยู่ในช่วง -0.76% ถึง +1.15% มีค่าเฉลี่ยความแตกต่างอยู่ที่ -0.02±0.56% โดยค่าจากการวัดมีค่าน้อยกว่าค่าจากหนังสือรับรอง 12 เม็ด จาก 22 เม็ดและมีค่าความแตกต่างมากกว่า 1% เป็นจำนวน 2 เม็ด จาก 22 เม็ด

สรุป:หลังการเปลี่ยนเม็ดสารกัมมันตรังสีในแต่ละครั้งนักฟิสิกส์การแพทย์ต้องมีการตรวจสอบค่า RAKR ที่มาจากหนังสือรับรองจากผู้ผลิตซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญในการควบคุมคุณภาพของการรักษาด้วยรังสีระยะใกล้ จากการศึกษานี้ค่าจากการวัดเปรียบเทียบค่าจากหนังสือรับรองมีความแตกต่างกันอยู่ในช่วงตั้งแต่ -0.76% ถึง +1.15% ซึ่งไม่เกินข้อกำหนดตามมาตรฐานสากลที่ ±3%

คำสำคัญ: Ir-192 HDR, pellet source, reference air kerma rate

บทนำ

การรักษาโรคด้วยรังสีแบ่งเป็นการฉายรังสีและการสอดใส่สารกัมมันตรังสีหรือการใส่แร่โดยให้สารกัมมันตรังสีอยู่ใกล้หรือในก้อนมะเร็งอาศัยคุณสมบัติการลดลงของปริมาณรังสีอย่างรวดเร็วที่ระยะห่างจากสารกัมมันตรังสีออกไปโดยการนำอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีวางในบริเวณที่ต้องการรักษาวางแผนการรักษาตามปริมาณรังสีที่กำหนด ทำการใส่สารกัมมันตรังสีในอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีด้วยระบบควบคุมระยะไกลตามตำแหน่งและเวลาที่ได้จากแผนการรักษา นำสารกัมมันตรังสีออกจากตัวผู้ป่วย แล้วจึงนำอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีออกจากตัวผู้ป่วย จากความก้าวหน้าของเครื่องควบคุมการใส่แร่และอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสี ทำให้ผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีแม่นยำ แต่อย่างไรก็ดี ผลการรักษาที่ตรงตามวัตถุประสงค์จะสำเร็จได้หากปริมาณรังสีที่ให้แก่ผู้ป่วยมีความถูกต้องด้วย การควบคุมคุณภาพส่วนสำคัญที่สุดส่วนหนึ่งคือการวัดหรือสอบเทียบปริมาณรังสีของสารกัมมันตรังสี[1] ซึ่งเป็นการตรวจสอบทั้งค่าปริมาณรังสีจากบริษัทผู้ผลิตที่แสดงโดยหนังสือรับรองและตรวจสอบว่าอยู่ในค่าที่ยอมรับตามมาตรฐานที่กำหนดตามระเบียบปฏิบัติการควบคุมคุณภาพสารกัมมันตรังสีจากองค์กรปรมาณูเพื่อสันติระหว่างประเทศที่แนะนำ[1,2] ว่า "ก่อนใช้ค่า reference air kerma rate (RAKR) มาคำนวณปริมาณรังสีให้กับผู้ป่วยควรมีการตรวจสอบอย่างอิสระโดยนักฟิสิกส์การแพทย์" ค่า RAKR เป็นคุณสมบัติเฉพาะของสารกัมมันตรังสีที่ให้รังสีแกมมา1นิยามโดยICRU[3-5] คือเป็นอัตราปริมาณรังสีอ้างอิงในอากาศของสารกัมมันตรังสีที่ระยะทาง 1 เมตร (mGy h-1) โดยมีการแก้ค่าเนื่องจากการลดลงของปริมาณรังสีและรังสีกระเจิงในอากาศ องค์กร The Netherlands Commission on Radiation Dosimetry (NCS)[6] ได้ระบุค่าความไม่แน่นอนของปริมาณรังสีเนื่องจาก

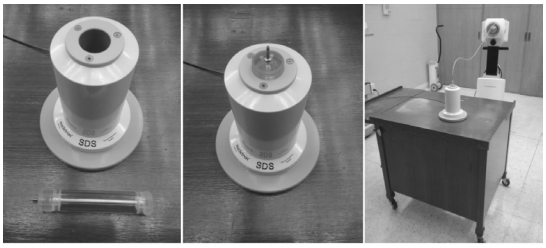
ลักษณะทางกายภาพของการผลิตเม็ดสารกัมมันตรังสีควรมีค่าน้อยกว่า 5% การตรวจวัดปริมาณรังสีจากสารกัมมันตรังสีก่อนนำมาใช้รักษาให้กับผู้ป่วยจึงมีความจำเป็น ซึ่งการตรวจสอบเป็นการตรวจสอบทั้งค่า RAKR ที่แสดงด้วยหนังสือรับรองจากบริษัทผู้ผลิตและเพื่อให้อยู่ในค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ ±3%[7-9] การศึกษานี้เป็นการรายงานผลย้อนหลังผลการเปรียบเทียบค่า RAKR จากการวัดกับค่าที่แสดงจากหนังสือรับรองโดยผู้ผลิตจำนวน 22 เม็ด

วัสดุและวิธีการ

การศึกษานี้เป็นการรายงานผลย้อนหลังตั้งแต่ปี 2552 จนกระทั่งถึงปี 2561 จากการใช้สารกัมมันตรังสีชนิดอัตราปริมาณรังสีสูง Ir-192 จำนวน 22 เม็ด ชนิด MicroSelectron V2 (Nucletron B.V., Veenendaal, The Netherlands)ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแคปซูล 0.9 มม. ยาว 4.5 มม. ภายในแคปซูลบรรจุสารกัมมันตรังสีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.6 มม. ยาว 3.5 มม. มีค่าครึ่งชีวิต 73.8 วัน มีปริมาณรังสีเริ่มต้นเฉลี่ย 49.5 mGy h-1 โดยแต่ละเม็ดมีหนังสือรับรองพร้อมค่าความไม่แน่นอน ±5% ด้วยความเชื่อมั่น 99.7% จากบริษัทผู้ผลิตซึ่งสอบเทียบเครื่อง well-type ionization chamber ในการตรวจวัดปริมาณรังสีจากสถานปฏิบัติการปฐมภูมิ Physikalisch-TechnischeBundesanstalt, Braunschweig, Germany (PTB)

เครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดปริมาณรังสีคือ well-type ionization chamber[1,7,10] พร้อมทั้งอุปกรณ์ประกอบเพื่อการสอดใส่สารกัมมันตรังสีแสดงดังในภาพที่ 1 (ก) อุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีอยู่ใน well-type ionization chamberแสดงดังในภาพที่ 1 (ข) คุณลักษณะของ well-type ionization chamber แสดงในตารางที่ 1 ข้อดีคือมีค่าความไม่แน่นอนจากตำแหน่งของเม็ดสารกัมมันตรังสีน้อย การจัดเครื่องมือง่าย รวดเร็ว และออกแบบเฉพาะสำหรับการตรวจวัดปริมาณรังสีของเม็ดสารกัมมันตรังสี MicroSelectronHDR Ir-192 อย่างไรก็ดี well-type ionization chamber ควรได้รับการสอบเทียบทุก 2 ปี[1,7,11]

ทำการเตรียมวัดปริมาณรังสีและจัดเครื่องมือเพื่อวัดปริมาณรังสี RAKR ดังแสดงในภาพที่1 (ค) โดยนำเทอร์โมมิเตอร์และบารอมิเตอร์ไว้ภายในห้องใส่แร่เพื่อแสดงถึงอุณหภูมิและความดันอากาศขณะวัดปริมาณรังสี ต่อสาย gynecological transfer tube เบอร์ 1 เข้ากับเครื่องควบคุมการใส่แร่และ



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 1 เครื่องวัดปริมาณรังสีชนิด well-type ionization chamber
(ก) อุปกรณ์ประกอบเพื่อการสอดใส่สารกัมมันตรังสีและ well-type ionization chamber
(ข) อุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีอยู่ใน well-type ionization chamber
(ค) การจัดเครื่องมือเพื่อการวัดปริมาณรังสี RAKR

ตารางที่ 1 แสดงคุณลักษณะของ well-type ionization chamber

พารามิเตอร์	คุณลักษณะ
บริษัทผู้ผลิต	Nucletron B.V., Veenendaal, The Netherlands
รุ่น	Nucletron SDS (077.091)
ผลิตเมื่อ	2 พฤศจิกายน 2537
Active volume	200 ลบ.ซม.
ชนิด	มีรูเปิดสู่บรรยากาศ
ความต่างศักย์	300 โวลต์
น้ำหนัก	2.00 กก.
ความสูง	20.05 ซม.
เส้นผ่านศูนย์กลาง	17.80 ซม.

อุปกรณ์ประกอบเพื่อสอดใส่สารกัมมันตรังสีที่อยู่ใน well-type ionization chamber จัดเครื่องมือเพื่อการวัดปริมาณรังสีตามภาพที่ 1 โดยห่างจากผนังห้องทั้ง 4 ด้านอย่างน้อย 1.5ม. [5] และสูงจากพื้นอย่างน้อย1ม.[5] well-type ionization chamberต่อกับมิเตอร์ (Dose 1, Scanditronix-Wellhofer, IBA, Schwarzenbruck, Germany) เพื่ออ่านค่าประจุไฟฟ้าใส่ค่าระยะทางจากเครื่องควบคุมการใส่แร่ถึงตำแหน่งเม็ดสารกัมมันตรังสีที่ 1 ในอุปกรณ์ประกอบเพื่อสอดใส่สารกัมมันตรังสีใน well-type ionization chamber ตามระยะทางที่วัดได้

การวัดปริมาณรังสีเริ่มจาก เปิดเครื่องวัดปริมาณรังสี วัดการรั่วไหลเนื่องจากเครื่องวัดปริมาณรังสี (leakage current) หาตำแหน่งสารกัมมันตรังสีที่อ่านค่าประจุไฟฟ้าได้มากที่สุด เพื่อทำให้ตำแหน่งสารกัมมันตรังสีมีความไม่แน่นอนน้อยที่สุดในการวัดปริมาณรังสีใน well-type ionization chamber[1, 2] โดยอ่านค่าประจุไฟฟ้าที่ตำแหน่งสารกัมมันตรังสีตั้งแต่ 1 ถึง 46 ที่ความต่างศักย์ 300 โวลต์ซึ่งใช้ระยะห่างระหว่างตำแหน่ง 2.5 มม. เลือกตำแหน่งที่อ่านค่าประจุไฟฟ้าได้มากที่สุดมาวัดปริมาณรังสีที่ความต่างศักย์ 300 โวลต์ และ 150 โวลต์ เพื่อแก้ผลของประจุไฟฟ้ารวมตัว (ion recombination) โดยอ่านค่าประจุเป็นเวลา 300 วินาทีวัดจำนวน 3 ครั้งหาค่าเฉลี่ยประจุไฟฟ้าของแต่ละความต่างศักย์ และแก้ค่าเนื่องจากการเดินทางของเม็ดสารกัมมันตรังสี

วิธีแก้ค่า เนื่องจากการเดินทางของเม็ดสารกัมมันตรังสี [12] ตามสมการ 1 และ 2

$$\text{Timer error}, \tau = \frac{M_B t_A - M_A t_B}{n M_A - M_B} \quad (1)$$

$$M_u = \frac{M_A}{t_A + \tau} \quad (2)$$

M_A = ค่าประจุที่อ่านได้มีหน่วยเป็นคูลอมบ์ (C) ในช่วงเวลา t_A (300 วินาที)

M_B = ค่าประจุที่อ่านได้สะสม (C) จำนวน n ครั้งในช่วงเวลา t_B (150 วินาที)

n= จำนวนครั้ง (2) ของการได้รับรังสีในช่วงเวลา (t_B) ซึ่งสั้นกว่า t_A โดยที่ $2 < n < 5$

M_u = ค่าประจุไฟฟ้าเฉลี่ย (C) หลังแก้ค่าเนื่องจากการเดินทางของเม็ดสารกัมมันตรังสีที่อ่านได้จากความต่างศักย์ 300 โวลต์

การคำนวณปริมาณรังสี[1] ที่วัดได้ ตามสมการ 3

$$K_R = N_{K_R}(M_u k_{t,p} k_{recom}) \quad (3)$$

K_R = reference air kerma rate (RAKR) ของสารกัมมันตรังสี (mGy h^{-1} ที่ระยะ 1 ม.)

N_{KR} = ค่าสอบเทียบจากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (well-type ionization chamber calibration factor) (Gy/C)

$K_{t,p}$ = ค่าแก้เนื่องจากความหนาแน่นอากาศเทียบกับค่าอ้างอิงหาได้จากสมการ 4

k_{recom} = ค่าแก้เนื่องจากประจุไฟฟ้ารวมตัว (ion recombination correction factor) หาได้จากสมการ 5

วิธีแก้ค่าความหนาแน่นอากาศ[12] ตามสมการ 4

$$k_{t,p} = \frac{(273.15+T)}{(273.15+T_0)} \bullet \frac{P_0}{P} \quad (4)$$

T = อุณหภูมิขณะวัดปริมาณรังสี (oC)

T_0 = อุณหภูมิอ้างอิงเมื่อสอบเทียบเครื่อง (20 oC)

P = ความดันอากาศขณะวัดปริมาณรังสี (kPa)

P_0 = ความดันอากาศอ้างอิง (101.325 kPa)

วิธีแก้ค่าประจุไฟฟ้ารวมตัวด้วยวิธี two-voltage method[12] ตามสมการ 5

$$k_s = \frac{(V_1/V_2)^2 - 1}{(V_1/V_2)^2 - (M_1/M_2)} \quad (5)$$

k_s = ion recombination correction factor

V_1 = normal operating voltage (300 โวลต์)

V_2 = lower voltage (150 โวลต์)

M_1 = ค่าประจุ (C) ที่ V_1

M_2 = ค่าประจุที่ (C) V_2

การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าปริมาณรังสี RAKR ระหว่างค่าที่วัดและค่าจากหนังสือรับรอง RAKR หลังจากแก้ค่าเนื่องจากการสลายตัว (source decay) ของสารกัมมันตรังสีตามสมการ 6

$$\text{ความแตกต่าง (\%)} = \frac{\text{ค่าจากการวัด} - \text{ค่าจากหนังสือรับรอง}}{\text{ค่าจากหนังสือรับรอง}} \times 100 \quad (6)$$

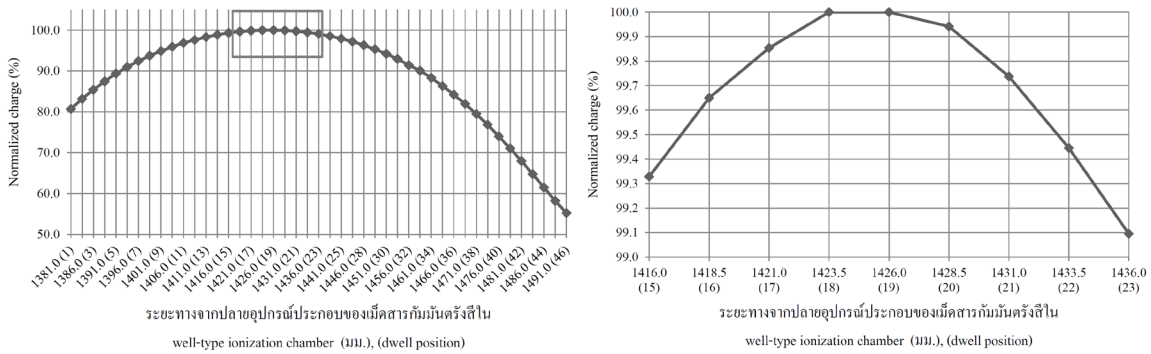
ผลการศึกษา

ผลการวัดค่าระยะทางจากเครื่องควบคุมการใส่แร่ถึงตำแหน่งเม็ดสารกัมมันตรังสีที่ 1 ในอุปกรณ์ประกอบเพื่อสอดใส่สารกัมมันตรังสีใน well-type ionization chamber คือ 1381 มม.โดยตำแหน่งของสารกัมมันตรังสีใน well-type ionization chamber ที่ให้ค่าประจุไฟฟ้าสูงสุดอยู่ในตำแหน่งที่ 18 และ 19 ดังแสดงในภาพที่ 2

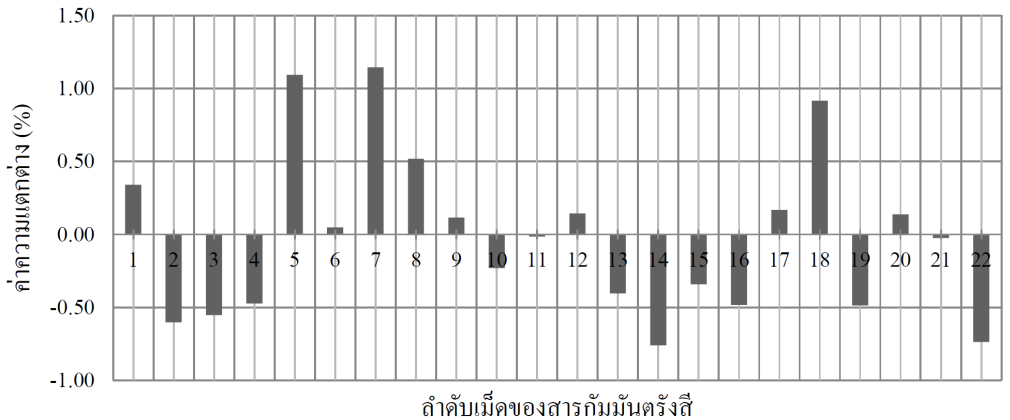
ความแตกต่างปริมาณรังสี RAKR ของสารกัมมันตรังสีระหว่างค่าจากการวัดและค่าจากหนังสือรับรองแสดงเป็นร้อยละของความแตกต่างดังแสดงในตารางที่ 2 และกราฟในภาพที่ 3

บทวิจารณ์

การตอบสนองต่อปริมาณรังสีของwell-type ionization chamber ที่มีการตอบสนองสูงสุดคืออ่านค่าประจุไฟฟ้าได้มากที่สุดคือตำแหน่งที่ 18 และ 19 ซึ่งตำแหน่งที่ 19 เป็นตำแหน่งที่อ่านค่าประจุไฟฟ้าได้มากที่สุดในการทำการสอบเทียบเพื่อให้ได้รับค่าสอบเทียบจากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ที่เป็นสถานปฏิบัติการทุติยภูมิในการตรวจวัดปริมาณรังสีดังนั้นการศึกษานี้จึงเลือกตำแหน่งสารกัมมันตรังสีที่ 19 มาทำการวัดปริมาณรังสี



ภาพที่ 2 ความสามารถต่อการตอบสนองต่อปริมาณรังสีที่ตำแหน่งต่างๆของ well-type ionization chamber (ก) ที่ตำแหน่ง 1 ถึง 46 และ (ข) ที่ตำแหน่ง 15 ถึง 23 ที่มีการขยายจากภาพ (ก)



ภาพที่ 3 ความแตกต่างของค่า RAKR ระหว่างค่าจากการวัดและค่าจากหนังสือรับรองในสารกัมมันตรังสีแต่ละเม็ด

ตารางที่ 2 ความแตกต่างปริมาณรังสี RAKR ของสารกัมมันตรังสีระหว่างค่าจากการวัดและค่าจากหนังสือรับรอง

สารกัมมันตรังสีเม็ดที่	ค่าจากการวัด RAKR ($mGy\ h^{-1}$)	ค่าจากหนังสือรับรอง RAKR ($mGy\ h^{-1}$)	ความแตกต่าง (%)
1	41.18	41.04	0.34
2	39.59	39.83	-0.60
3	48.52	48.79	-0.55
4	39.96	40.15	-0.47
5	46.16	45.66	1.10
6	41.84	41.82	0.05
7	42.38	41.90	1.15
8	48.45	48.20	0.52
9	52.23	52.17	0.12
10	38.81	38.90	-0.23
11	46.49	46.50	-0.02
12	41.61	41.55	0.14
13	36.96	37.11	-0.40
14	43.08	43.41	-0.76
15	40.82	40.96	-0.34
16	41.15	41.35	-0.48
17	41.73	41.66	0.17
18	49.49	49.04	0.92
19	44.97	45.19	-0.49
20	43.84	43.78	0.14
21	40.38	40.39	-0.02
22	45.75	46.09	-0.74
	ความแตกต่างเฉลี่ย (%)		-0.02 ± 0.56

ความแตกต่างจากการเปรียบเทียบค่าปริมาณรังสีจากการวัดกับค่าปริมาณรังสีที่แสดงจากหนังสือรับรองมีค่าตั้งแต่ -0.76% จนถึง +1.15% มีค่าเฉลี่ยความแตกต่างอยู่ที่ -0.02±0.56%โดยจำนวน 12 เม็ด ที่ค่าจากการวัดมีค่าน้อยกว่าค่าจากหนังสือรับรอง และจำนวน 10 เม็ดที่ค่าจากการวัดมีค่ามากกว่าหนังสือรับรอง และพบว่ามีจำนวน 2 เม็ดที่ค่าแตกต่างมากกว่า 1% ผลการศึกษาครั้งนี้มีผลลัพธ์สอดคล้องกับหลายการศึกษาดังต่อไปนี้

การศึกษาของ Nagappan B และคณะ[10] ได้รายงานผลย้อนหลังปี 2005-2014 จากการวัดปริมาณรังสีด้วยvented well-type ionization chamber type 33004 เชื่อมต่อกับ electrometer PTW UNIDOS E จากสารกัมมันตรังสีMicroSelectron V2 จำนวน 22 เม็ด เทียบกับค่าจากหนังสือรับรอง ได้ค่าความแตกต่างตั้งแต่ –1.71% จนถึง +1.15%

การศึกษาของ Abdullah R และคณะ[13] ได้รายงานผลย้อนหลังปี 2009-2016 จากการวัดปริมาณรังสีด้วย HDR 1000 Plus well-type ionization chamber เชื่อมต่อกับ electrometer Max-4000 Standard Imaging จากสารกัมมันตรังสี MicroSelectron V2 จำนวน 13 เม็ด เทียบกับค่าจากหนังสือ รับรอง ได้ค่าความแตกต่างตั้งแต่ −1.77% จนถึง +1.69%

การศึกษาของ Austerlitz C และคณะ[14] ได้รายงานผลย้อนหลัง 56 เดือนจากการวัดปริมาณรังสีด้วย well-type ionization chamber Type 077091 เชื่อมต่อกับ electrometer PTW จากสารกัมมันตรังสี MicroSelectron จำนวน 17 เม็ด เทียบกับค่าจากหนังสือรับรอง ได้ค่าความแตกต่างอยู่ภายใน 1.2%

อย่างไรก็ดี ค่าการรั่วไหลมีความสำคัญต่อผลการวัดปริมาณรังสีดังนั้นค่าการรั่วไหลเนื่องจากเครื่องวัดปริมาณรังสี (leakage current) ควรวัดได้น้อยกว่า 50 ถึง 100 เท่า[1] ของการวัดเมื่อมีสารกัมมันตรังสีถ้ามีค่าการรั่วไหลมากกว่า 1% ของค่าที่วัดได้ให้คิดรวมไปด้วย[1] การศึกษานี้เลือกวิธีคิดรวมไปด้วยถึงแม้ว่าค่าการรั่วไหลน้อยกว่า 1% โดยค่าการรั่วไหลเนื่องจากเครื่องวัดปริมาณรังสีวัดได้น้อยกว่า 3 mGy เนื่องจากมิเตอร์ที่อ่านค่าประจุได้มีการชดเชยค่าปริมาณรังสีพื้นหลังซึ่งรวมไปกับค่าการรั่วไหล

การเปลี่ยนเม็ดสารกัมมันตรังสีในแต่ละครั้งนักฟิสิกส์การแพทย์ต้องตรวจสอบค่า RAKR จากการวัดเทียบกับค่า RAKR จากหนังสือรับรองจากผู้ผลิตซึ่งเป็นหนึ่งในกระบวนการสำคัญในการควบคุมคุณภาพในการให้การรักษาด้วยรังสีระยะใกล้กับผู้ป่วย[1, 9]

อนึ่งการศึกษานี้เป็นการรายงานย้อนหลัง การวัดในแต่ละครั้งไม่ได้คิดค่าความไม่แน่นอนจากการวัด (uncertainty) ซึ่งควรคิดเพราะมีหลายปัจจัย เช่น จาก อุณหภูมิ ความดัน ตำแหน่งเม็ดสารกัมมันตรังสี ค่าสอบเทียบจากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์(well-type ionization chamber calibration factor) เป็นต้น

ข้อสรุป

จากการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่า RAKR ที่แสดงจากหนังสือรับรองมีความถูกต้อง ค่าที่ได้ใกล้เคียงกับการวัดด้วย well-type ionization chamber มีความแตกต่างเฉลี่ยอยู่ที่ -0.02±0.56% และความแตกต่างสูงสุดที่ +1.15% ไม่เกินข้อกำหนดตามมาตรฐานสากลที่ ±3%

เอกสารอ้างอิง

1. International Atomic Energy Agency. IAEA-TECDOC-1274,calibration of photon and beta ray sources used in brachytherapy –guidelines on standardized procedures at secondary standards dosimetry laboratories (SSDLs) and hospitals. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2002.
2. International Atomic Energy Agency. IAEA-TECDOC-1079,calibration of brachytherapy sources – guidelines on standardized procedures for the calibration of brachytherapy sources at SSDLs and hospitals. Vienna: International Atomic Energy Agency;1999.
3. International Commission on Radiation Units and Measurements. Dose and volume specification for reporting intracavitary therapy in gynaecology, ICRU report 38. Bethesda: ICRU Publications; 1985.
4. International Commission on Radiation Units and Measurements. Dose and volume specification for reporting interstitial therapy, ICRU report 58. Washington, DC: International Commission on Radiation Units and Measurements; 1997.

5. International Commission on Radiation Units and Measurements. Dosimetry of beta ray sources and low energy photon brachytherapy sources, ICRU report 65. Bethesda: International Commission on Radiation Units and Measurements; 2001.

6. Netherlands Commission on Radiation Dosimetry. Code of Practice for Quality Assurance of Brachytherapy with Ir-192 Afterloaders, NCS report 30; 2018.

7. 7 ACR–AAPM.ACR–AAPM Technical Standard for the performance of high-dose-rate brachytherapy physics: Revised 2015 (Resolution 50)*.

8. Kutcher GJ, Coia L, Gillin M, Hanson WF, Leibel S, Morton RJ, *et al*. Comprehensive QA for radiation oncology: Report of AAPM Radiation Therapy Committee Task Group 40. Med Phys 1994;21:581–618.

9. Kutcher GJ, Coia L, Gillin M, Hanson WF, Leibel S, Morton RJ, *et al*. Comprehensive QA for Radiation Oncology: Report of AAPM Radiation Therapy Committee Task Group 40, AAPM Report No.46, American Association of Physicists in Medicine. Med Phys 1994;21(4):581-618.

10. Nagappan B, Kumar Y,Patel NP, Dhull AK, Kaushal V. Brachytherapy source calibration, reviews, and consistency of 192Ir high dose rate afterloading sources supplied over the period of 10 years: A retrospective analysis. Rad Prot and Envi 2015;38:144-50.

11. Bidmead AM, Sander T, Locks SM, Lee CD, Aird EGA, Nutbrown RF, *et al*. The IPEM code of practice for determination of the reference air kerma rate for HDR 192Ir brachytherapy sources based on the NPL air kerma standard. Phys Med Biol2010;55:3145–59.

12. International Atomic Energy Agency. IAEATRS-398,Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy: An International Code of Practice for Dosimetry based on Standards of Absorbed Dose to Water. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2000.

13. Abdullah R, Abdullah N H, Mohamed M, Idris NRN, Yusoff AL, Chen SC, *et al*. High dose rate 192Ir source calibration: A single institution experience. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 851 (2017) 012019.

14. Austerlitz C, Wolfe M, Campos D, Sibata CH. Consistency of vendor-specified activity values for 192Ir brachytherapy sources. Med Dosi 2012;37:67-70.